Das Eisen,

sein Vorkommen und seine Gewinnung.

Kurze gemeinfaßliche Darstellung

der

Eisen-Erzeugung.

Bearbeitet

für das Verständnis eines größeren Leserkreises, zum Gebrauche
für Techniker, Metallarbeiter, Kaufleute,

sowie

an Gewerbe- und Industrie-Schulen

von

Heinrich Kreusser,
Ingenieur.

Mit 4 Quarttafeln, enthaltend 40 Original-Abbildungen.

Weimar, 1886.
Bernhard Friedrich Voigt.

Vorrede.

Das Eisen ist in dem wirtschaftlichen Leben der Völker von einer hohen Bedeutung, für die Wohlfahrt und das Gedeihen derselben geradezu unentbehrlich. Mit dem Mangel des Eisens würden wir in Urzustände zurücksinken, denn von dem einfachen Nagel bis zu der zusammengesetzten Maschine, steht es mit unsern Kulturverhältnissen in einer innigen und untrennbaren Beziehung. — Was wären wir ohne Werkzeuge, Waffen und Geräte? Ohne Eisen müßten wir in dem Kampfe um das Dasein das Nötigste entbehren, doch mit ihm ist uns die Welt unterthan, denn Raum- und Zeitverhältnisse sind für uns umgewandelt. Alles dies wird uns nur durch die Macht des Eisens möglich! Wenn aber der Mensch im Bunde mit ihm so Großes geschaffen und so Gewaltiges erreicht hat, so dürfte man auch wohl erwarten, daß jeder, dem die Geschichte der Entwickelung der Menschheit nicht gleichgültig bleibt, daß jeder Gebildete über die Natur des Eisens, über seine Gewinnung und Verarbeitung vollkommen unterrichtet wäre. Dies ist indessen nicht der Fall; die meisten nehmen das Vorhandene als Gegebenes an und haben keine Ahnung der unermeßlichen Dienste, welche die Wissenschaft in dieser Sache der Menschheit geleistet hat. Schuld hieran ist wohl der Umstand, daß der Nicht-Fachmann die vorhandenen wertvollen Spezialwerke nicht lesen kann

oder nicht lesen mag, während eine kurzgefaßte und allgemein verständliche Abhandlung über diesen Gegenstand ihm nur erwünscht sein dürfte. — Dies der Gedanke, welcher uns bei Abfassung der vorliegenden Arbeit leitete.

Wir bringen daher keine Eisenhüttenkunde, konnten auch den Gegenstand durchaus nicht erschöpfend behandeln, sondern wir bieten in aller Bescheidenheit ein Schriftchen, welches einem vorgesetzten Zwecke gerecht zu werden versucht.

Der Verfasser.

Inhalt.

Das Eisen,

sein Vorkommen und seine Gewinnung.

I.

Geschichte des Eisens.

II.

Das Eisenerz.

III.

Das Roheisen.

IV.

Das Gußeisen.

Seite

V.
Das schmiedbare Eisen.

VI.
Die Verarbeitung des schmiedbaren Eisens zu Handelswaren.

Das Eisen,

sein Vorkommen und seine Gewinnung.

I.

Geschichte des Eisens.

1. Altertum.

Die ältesten Nachrichten über das Eisen sind enge mit der Sage verflochten, man weiß nicht wo dieselbe beginnt oder wo sie schwindet.

Beglaubigte Nachrichten finden wir in der Bibel. Nach derselben wird der 3000 Jahre v. Chr. lebende Tubalkain, als erster Eisenarbeiter genannt, als: „Meister in allerlei Erz und Eisenwerk“ (1. Buch Mose, Kap. 4).

Im Buche Hiob 28, Kap. 2, heißt es: „Eisen bringt man aus der Erde und aus Steinen schmelzt man Erz“.

Wiederum sagt Moses im 5. Buch, Kap. 4, Vers 20, von den Israeliten: „Euch aber hat der Herr angenommen und aus dem eisernen Ofen, nämlich aus Aegypten geführt“.

Die Kunst der Eisendarstellung scheint bei den verschiedenen Völkern auch wieder verloren gegangen zu sein, denn man findet in den Gräbern aus der Zeit nach der Südflut, etwa 2300 v. Chr. nur Waffen aus Stein, nicht aber aus Eisen.

Die Chinesen kannten 2000 Jahre v. Chr. schon den Stahl und die Magnetnadel.

Die Aegypter, deren Geschichte mit dem Jahre 2000 v. Chr. beginnt, wußten von dem Eisen.

Ihre Geschicklichkeit in der Bearbeitung von Metallen überhaupt, zeigt sich an vielerlei Gefäßen und an den Metallspiegeln, die schon zu Moses Zeiten (1500 v. Chr.) dortselbst im Gebrauche waren; doch wurde das Eisen in dieser Zeit nicht mehr verwendet; man fertigte die Werkzeuge aus Kupfer und Bronze.

Unter dem Obelisken, welcher vor einigen Jahren von Aegypten nach New York gebracht wurde, fand man ein kleines Stück Eisen.

Nachweislich kamen indessen Eisenwerkzeuge in dem Jahre 1200 v. Chr. in verschiedenen Ländern vor. Bei der Belagerung von Troja, 1184 v. Chr., kämpfte man noch mit Waffen aus Erz, und das Eisen hatte einen sehr hohen Wert. Der griechische Dichter Homer (geb. 1000 v. Chr.) beschreibt in dem Heldengedicht Ilias die Vorgänge in Troja. Er erwähnt an verschiedenen Stellen edle, sowie unedle Metalle und sagt von dem Eisen, Gesang 23, Vers 850 und 851: „Hierauf stellte den Schützen der Held blauschimmerndes Eisen, zehn zweischneidige Axt' und zehn der Beile zum Kampfpreis". Bei dem Bau des Salomonischen Tempels, 1000 v. Chr., wurde das Eisen vielfach verwendet, wie dies aus verschiedenen Stellen des I. Buches der Chronika hervorgeht: (XXIII, 14 und 16 und XXX, 2 und 7) „Eisen ohne Zahl", „Eisen zu eisernem Geräte" und „Hunderttausend Zentner Eisen" werden erwähnt, als zu dem genannten Zwecke von König David gegeben. — 880 v. Chr. führte der berühmte Gesetzgeber des Staates Sparta, Lykurg, an Stelle des Geldes aus edlem Metalle die eisernen Münzen ein. — Eisenmünzen aus dem Jahre 600 v. Chr. wurden vor wenigen Jahren auch aufgefunden. Der älteste griechische Geschichtschreiber Herodot, geb. 484 v. Chr., erwähnt, daß Glaukus von Chios die Kunst das Eisen zu löten erfunden habe. Plato, der griechische Weltweise, geboren 429 v. Chr., versucht eine Erklärung zu geben über die Bildung des Rostes auf dem Eisen (Timäus). Der griechische Weltweise Aristoteles, geb. 380 v. Chr., bespricht die Eisendarstellung und erwähnt das harte und weiche Eisen; der römische Naturforscher Plinius, geb. 23 n. Chr., kennt schon Härtemittel.

Er bespricht in seiner Naturgeschichte Buch 34, Kap. 41 — 46, das Eisenerz und die Gewinnung des Eisens ganz eingehend.

Immerhin scheint das Eisen noch keine sehr allgemeine Verwendung gefunden zu haben, obgleich die Gruben in Steiermark und auf der Insel Elba 400 — 300 v. Chr. schon in einem hohen Rufe standen und die Römer um diese Zeit für die Arbeiten des Bergbaues eiserne Werkzeuge verwendeten.

So mußte z. B. der König Mithridates von Pontus, der 88 v. Chr. gegen die Römer zu Felde zog, seine Reiterscharen, auf die er große Hoffnungen gesetzt hatte sehr bald heimwärts senden, weil sich die Pferde die Hufe abgelaufen hatten und dadurch rasch unbrauchbar wurden.

Der Hufbeschlag war also damals noch unbekannt. Zu der gleichen Zeit wurde in England, in dem heutigen Hauptlande des Eisens, dieses im Werte dem Golde gleich gestellt. — Der römische Dichter Horaz, geb. 65 v. Chr., besingt die Güte der aus norischem Eisen gefertigten Schwerter. (Noricum, das heutige Steiermark und Kärnten.)

2. Mittlere Zeit.

Nach Christi Geburt mehren sich die Nachrichten über die Darstellung des Eisens und dessen Verbrauch.

Während man früher dasselbe meist nur zufällig gewonnen hatte, begann man nach und nach mit einer zweckbewußten Erzeugung. — Oefen hierzu wurden im Jahre 800 in Steiermark erbaut. Im Jahre 1300 verbesserte man dieselben im Harz und im Siegenerland, es entstanden die Blauöfen, welche geschmolzenes Eisen lieferten. Gegen Ende des 13. Jahrhunderts errichtete man wahrscheinlich im Elsaß schon Hochöfen. Kanonen wurden gegen das Ende des 14. Jahrhunderts in Thüringen und Franken gegossen (1547 schon in großer Zahl in England), und gegen Ende des folgenden Jahrhunderts, 1490, eiserne Oefen im Elsaß.

Einen bedeutenden Einfluß auf die Darstellung und Verarbeitung des Eisens scheint die Erfindung des Schießpulvers 1330 gehabt zu haben. Die damit zusammenhängende Fertigung von Schießwaffen und Geschossen, führte wohl zur eigentlichen Eisengießerei und der Betrieb der hierzu nötigen Hilfsmittel zur Ausnützung vorhandener Wasserkräfte.

In dem Jahre 1546 erschien, in lateinischer Sprache, das erste Werk, welches den Bergbau und das Hüttenwesen in ausführlicher Weise behandelte. Das Buch führt den Titel: „De re metallica", hat 12 Abteilungen mit vielen Kupfertafeln und ist verfaßt von Georg Agricola, Arzt und Bürgermeister der Stadt Chemnitz (geb. 1490, gest. 1555). Weitere Auflagen erfolgten: 1556, 1558, 1561 und 1657. 1580 erschien hiervon eine deutsche Uebersetzung unter dem Titel: „Das Bergwerksbuch", bearbeitet durch den Professor der Universität Basel, Ph. Beck; 1512 eine weitere durch E. Lehmann. In diesem Werke sind die Angaben der Alten, über die Bearbeitung der Metalle, vollständig zusammengestellt, die Eisenerzeugung jedoch nur sehr kurz behandelt. — Die Einführung der Eisenindustrie in Schweden erfolgte im Jahre 1600 durch eingewanderte Franzosen, Wallonen und Deutsche. 1620 wurden in England die Steinkohlen zuerst zur Eisenbereitung verwendet, weil die Wälder fast sämtlich bereits ausgerodet waren. 1720 benutzte man zum ersten Male Koks; 1735 wurde der erste Hochofen mit Koksbetrieb in Gang gesetzt und 1796 zählte man deren schon 121.

3. Neuere Zeit.

Einen weitern großen Einfluß auf die Eisenindustrie übte die Erfindung der Dampfmaschine aus, indem sie den Betrieb der Hilfsmaschinen wesentlich erleichterte.

Von hier aus folgen sich ganz bahnbrechende Erfindungen und Verbesserungen in der Darstellungsweise des Eisens und an den dazu nötigen Hilfsmitteln. Wissenschaft und Erfahrung ergänzten sich gegenseitig, und erwähnen wir nur kurz, weil später eingehend zu beschreiben:

1784 die Einführung des Puddelns,
1829 die Anwendung der erhitzten Gebläseluft,
1837 die Benutzung der Gichtgase,
1855 das Bessemerverfahren,
1856 die Erfindung des Regenerativofens und des Bessemerflußeisens,
1879 die Anwendung des Verfahrens von Thomas-Gilchrist, um phosphorhaltige Roheisensorten zu verbessern.

Alles einigte sich, diejenigen großartigen Leistungen der Metallindustrie zu ermöglichen, die wir in der Jetztzeit anstaunen. Werfen wir einen Blick auf die heutige Kulturentwickelung, so finden wir, daß diese stets Hand in Hand ging mit der Vervollkommnung in der Darstellung des Eisens.

II.

Das Eisenerz.

1. Vorkommen der Erze.

Eisen wird aus gewissen Gesteinsarten, dem Eisenstein oder Eisenerz, gewonnen.

Diese Gesteinsarten finden sich im Innern der Erde, als untergeordnete Teile von Gebirgsmassen und an gewissen Stellen derselben. Ausnahmsweise, wie z. B. in Schweden, kommen sie auch auf dem Grunde von Seen, Sümpfen und Morästen vor. Sie sind zumeist entstanden durch Ausscheidungen aus flüssigen, wässerigen Lösungen oder als ein Niederschlag von Dämpfen. Die Fundplätze der Erze nennt man nun Erzlagerstätten und es gibt solche von sehr verschiedener Form. Man unterscheidet Erzgänge, Erzlager, Erzstöcke und Erzimprägnationen (von imprägnieren oder sättigen abgeleitet).

Erzgänge, **Fig. 1, Taf. I**, a sind Gebirgsspalten, welche mit Erz ausgefüllt sind und sich nach verschiedenen Richtungen ausdehnen können. Das dieselben einschließende Gestein heißt das Nebengestein. Sind die Spalten von einer gewissen Mächtigkeit, wie in b, so nennt man solche Erzlager. Das darüber stehende Nebengestein heißt das Hängende, und das darunter befindliche das Liegende.

Die Lager haben gewöhnlich die gleiche Richtung, das gleiche Streichen und Fallen, wie das Nebengestein. Lager von einer größern Länge und Dehnung heißen auch Flötze. Einzellager, die in ihrer Form zwar scharf abgegrenzt, dabei aber, wie in c, ganz unregelmäßig gestaltet sind, heißen Erzstöcke. Kömmt das Erz nur nebenbei und ohne scharfe Abgrenzungen, in anderm Gestein vor, ist es gleichsam nur eingesprengt, wie in d, so spricht man von Erzimprägnationen. Kleinere Lagerungen, wie z. B. in e, werden Nester oder Nieren genannt.

Die Erzlagerstätten kommen nun durchaus nicht immer unter den gleichen Alters- und Lagerungsverhältnissen der Erdkruste vor, sondern sie finden

sich unter den Gesteinsarten von sehr verschiedenem Alter, aber doch meistens mit gewissen Arten derselben, häufiger verbunden als mit andern. Nur in den wirklichen Lagern sind die Erze auch gleichmäßig verteilt, nicht aber in den Gängen und Stöcken. Hier wechseln die reichern Stellen mit den geringern ab; gewöhnlich sind sie auch noch mit andern, nicht metallhaltigen Gesteinsarten gemengt. Diese letztern führen alsdann die Benennung Gangart oder Lagerart und einzelne größere Anhäufungen hiervon heißen taube Stellen.

2. Auffuchung der Erze.

Handelt es sich nun um das Aufsuchen von solchen Erzlagerstätten, so bietet uns die Wissenschaft der Geologie, d. h. die Lehre von dem inneren Bau der Erde und deren Bildungsweise, diejenigen Hilfsmittel, welche es ermöglichen, nach verschiedenen äußern Anzeichen, z. B. aus dem Bau eines Gebirges, aus der Natur der bereits sichtbaren Gesteinsarten 2c., auch auf das Vorkommen einer besondern Gesteinsart zu schließen. Sind diese Anzeichen günstig, so erfordert die Aufsuchung der Lagerstätten weitere bergmännische Arbeiten, und diese heißen die Schürfarbeiten.

Die Vornahme derselben ist in den meisten Staaten durch Gesetze und Verordnungen geregelt und wird nur unter deren genauen Beobachtung gestattet. Das Schürfen selbst wird vorgenommen bei geringen Tiefen durch Wegräumen des Bodens, durch Graben, und bei bedeutenden Tiefen durch Erbohren von Probebohrlöchern mit einem Durchmesser von 10 — 40 cm.

Hierzu benutzt man Bohrer von Meißel- oder Löffelform aus gutem Stahl gefertigt, mit einem beliebig verlängerbaren Stiel aus Schmiedeeisen, dem Gestänge. Erstere Bohrer werden gehoben und gesenkt und wirken alsdann durch ihr Eigengewicht, die letztern müssen durch eine drehende Bewegung in Wirksamkeit gesetzt werden und dienen auch dazu, das Bohrmehl auszuräumen; bei losem Gestein wird das Bohrloch mit Eisenröhren ausgefüttert. — Die zum Bohren nötigen Vorrichtungen sind in der neuesten Zeit sehr verbessert worden, so daß man bis auf Tiefen über 1600 m in den Boden eindringen kann. Ein Bohrloch in Schludebach (Preußen)*), ist 1660 m tief und hat unten 48 mm Durchmesser; tiefer ist man bis jetzt noch nirgends gelangt.

Zur Bewegung des Bohrers dient zumeist die Kraft des Dampfes oder der gepreßten Luft, falls die hierfür nötige Wasserkraft vorhanden ist. Wenn der Schürfende bei seinen Arbeiten gefunden, es seien genügende Anzeichen da, welche für das Vorhandensein eines bauwürdigen Lagers sprechen, so hat er bei der zuständigen Behörde um die Erlaubnis einzukommen, seinen Fund ausbeuten zu dürfen; er legt die Mutung ein (von Vermuten abgeleitet). Die entsprechende Erlaubnis wird nur erteilt unter Wahrung aller und jeder Rechte des Staates und des Eigentümers des Landes. Besondere Gesetze regeln auch diese Sache.

---

*) Oktober 1885.

3. Gewinnung der Erze.

Ist man auf die Erzlagerstätte gestoßen, so werden, je nach der Lage derselben, oberirdische oder unterirdische Plätze zum Arbeiten hergerichtet. Die erstern heißen Tagebaue, die letztern Gruben, Grubenbaue oder Bergwerke und Zechen.

Diese zweite Art ist der Natur der Sache nach die gewöhnliche, da die Kosten für die Abräumung eines Feldes durch die Gewinnung der Erze oft genug nicht ausgeglichen würden und es zumeist auch nicht angeht, das über dem Erzlager befindliche Land zu verwüsten oder zu beseitigen. Man muß daher suchen, von außen zu den Lagerstätten zu gelangen. Dies geschieht durch seitlich, söhlig angelegte Zugänge, die Stollen oder durch senkrecht, seiger angebrachte Eingänge, die alsdann Schacht heißen, **Fig. 1**, f und g. Von diesen Angriffsstellen aus wird das zu gewinnende Gestein entweder von Hand, mit den geeigneten Werkzeugen oder durch Bohrmaschinen und Sprengmittel losgelöst und weiter geschafft.

Die seitlichen Zugänge, die Stollen, können nur da angebracht werden, wo einzelne Hügel vorhanden sind, in welchen das zu gewinnende Erz enthalten ist. Sie gewähren den großen Vorteil, daß sie gleichzeitig eine Straße für die Beförderung des Gesteines bilden und zumeist auch für die Ableitung des Wassers dienen können. Ein geringes Gefälle dient für beide Zwecke gleichmäßig gut. — Die Form des Stollens richtet sich alsdann ganz nach der Größe der Förderwagen, der Festigkeit des Gesteines und dem besondern Zwecke, dem er ausschließlich nebenbei dienen soll. — Schachte sind brunnenartige Oeffnungen von rundem oder rechteckigem Querschnitt, die von oben nach unten gehend, den Zugang zu dem Lager ermöglichen. Die Richtung des Schachtes kann senkrecht oder geneigt sein, und man unterscheidet hiernach Steiger oder Richtschachte und tonnlägige Schachte; je nach der Bestimmung für besondere Zwecke führen die Schachte auch noch besondere Namen.

Selten ist das Gestein in einem Bergwerke so fest, daß es nicht einen Einsturz wegen der darüberstehenden Last befürchten ließe. Alsdann wird der Grubenausbau nötig, d. h. geeignete Unterstützungen der Decke durch Holz, Eisen oder Mauerwerk. Zu diesem Behufe läßt man wohl auch noch besondere Pfeiler von dem auszuhebenden Gestein stehen, welche erst nach der Ausbeutung der Grube, unter den geeigneten Vorsichtsmaßregeln weggenommen werden. — Die verschiedenartige Natur der Erzlagerstätten bedingt es, daß, nachdem die Schachte und Stollen erstellt sind, der weitere Abbau der Grube auch auf verschiedenartige Weise betrieben werden muß. Es fallen insbesondere in Betracht die Größe und Mächtigkeit des Lagers, die Natur und der etwaige Wert des gleichzeitig vorkommenden Nebengesteines, die Neigung der Schicht ꝛc. ꝛc.

Alles das muß der Bergmann sorgfältig erwägen und danach seinen Bebauungsplan aufstellen. — Die ihm hierzu nötigen Pläne, Karten, Risse ꝛc. aufzunehmen, liegt dem Markscheider ob, die Kunst dieser unterirdischen Vermessung selbst heißt Markscheidekunst und die Gesamtheit der dazu erforderlichen Meßwerkzeuge das Markscheiderzeug.

4. Förderung der Erze.

Der Transport der gewonnenen Massen, des Haufwerkes, von dem Gewinnungsorte bis zu Tage, heißt die Förderung. Je nachdem diese durch einen wenig oder mehr geneigten Stollen geschieht, spricht man von einer Streckenförderung oder Bremsförderung, erfolgt dieselbe nach aufwärts, so heißt sie Schachtförderung.

Bei der Stollenförderung wendet man zum Fassen der Gesteine kleinere Karren, die Hunde oder größere Wagen, die Förderwagen an. Beide Arten gehen auf besondern Bahnen aus Holz und Eisen, dem Gestänge, und werden zumeist durch Pferde gezogen, doch hat man hierzu auch stehende Dampfmaschinen und, wo es die Oertlichkeit erlaubt, Wasserkraft.

Die Förderung in den Schachten geschieht durch Menschen, Pferde oder am häufigsten durch Dampfkraft, vermittelst Haspel und Seil. Die Fördergefäße sind Säcke, Körbe, Kübel, Tonnen, Kasten oder selbst Wagen. Der Haspel hat zumeist die Einrichtung, daß auf der Achse zwei Trommeln aufgekeilt sind, um welche je ein Seil nach der entgegengesetzten Richtung aufgewickelt ist. Das eine Seil trägt das leere, und das andere das beladene Fördergefäß. Wird die Achse nach vorwärts gedreht, so steigt das belastete Fördergefäß aufwärts, während das leere abwärts geht. Bei einer Drehung der Achse nach rückwärts steigt abermals das inzwischen beladene Gefäß, während das geleerte sinkt. Für das sichere Auf- und Abwärtsgleiten der Fördergefäße bringt man im Innern der Schachte Führungsbahnen an, die entweder das Gefäß selbst oder die Bühne, auf welche es gestellt wird, stets in der gewünschten Richtung erhalten.

Die Fördergeschwindigkeit beträgt bei dem Vorhandensein von Führungsbahnen etwa 4 m pro Sekunde, bei dem Mangel derselben nur die Hälfte oder noch weniger.

Die Verwendung der Wagen als Fördergefäße hat bei entsprechenden Vorbedingungen den großen Vorteil, daß das Gestein ohne ein Umladen nach dem Verwendungsorte geschafft werden kann.

Eine solche Benutzung wird der Kosten wegen stets da nötig bleiben, wo große Massen von verhältnismäßig geringem Werte aus bedeutenden Tiefen in die Höhe zu befördern sind, wie z. B. bei dem Eisenerz.

Wenn es die Oertlichkeit irgendwie erlaubt, wird dies Verfahren daher auch bei der Stollenförderung angewendet, d. h. die Stollenwagen gehen aus der Grube unmittelbar nach dem Verwendungs- oder Versandplatz. Mit Vorteil werden zur Förderung von Erz aus der Grube bis zu den Hochöfen in neuerer Zeit auch die Drahtseilbahnen benutzt.

Starke Drähte oder Drahtseile werden über Pfosten gespannt und dienen als Laufbahn für kleine Wagen; ein besonderes Zugseil vermittelt die Bewegung.

Dieses Seil kann durch eine vorhandene Kraft oder bei geeignetem Gefälle durch das Eigengewicht der Wagen in Thätigkeit gesetzt werden.

5. Hilfseinrichtungen für die Gewinnung und Förderung der Erze.

A. Fahrkunst.

Die Fürsorge für das Leben und die Gesundheit der Bergleute bedingt noch mancherlei Vorkehrungen und Arbeiten, um überhaupt die Gewinnung der Erze zu ermöglichen, und sollen dieselben, der Vollständigkeit wegen, hier noch kurz erwähnt werden. Zunächst muß der Bergmann, ohne einen großen Verbrauch der eignen Kraft, seine Arbeitsstelle erreichen und verlassen können. Bei einem Stollenbau ist dies durch Gehen leicht möglich, nicht aber bei einem tiefen Schachtbau.

Die Ortsbewegung innerhalb, nach und von der Grube nennt der Bergmann: fahren, anfahren und ausfahren, und die Einrichtungen, welche hierzu dienen, die Fahrung. Bei minder tiefen Schachten besteht diese Fahrung aus Treppen, Leitern oder Rutschbahnen; bei beträchtlichen Schachthöhen werden wirkliche Fahrvorrichtungen erstellt. Es können dies z. B. wie bei der Förderung der Erze bewegliche Bühnen sein, welche an Haspel und Seil durch Wasser- oder Dampfkraft bewegt werden. Die Bühnen sind gegen Tropfwasser und fallendes Gestein durch ein eisernes Dach und gegen das Aufprallen durch elastische Unterlagen geschützt. Die Seile sind aus Hanf, Aloefaser oder auch aus Draht gefertigt. Um bei der Möglichkeit eines Seilbruches aller Gefahr vorzubeugen, sind besondere Einrichtungen, Fangwerke, angebracht, welche den Sturz der Bühne verhindern, indem sie in einem solchen Falle, in jeder Höhe des Schachtes dieselbe augenblicklich festklammern. Diese Seilfahrung ist sehr bequem, gestattet gleichzeitige Beförderung von 4—6 Personen mit einer Geschwindigkeit von 5—6 m in der Sekunde und, was stets eine Hauptsache bleibt, sie ermüdet den Arbeiter nicht, vor Beginn seiner an sich schon mühevollen Verrichtungen. Sie ist deswegen jetzt allgemein verbreitet und hat die ältere Beförderungsweise durch die einfache oder doppelte Fahrkunst nahezu verdrängt. Bei der einfachen Fahrkunst stehen zwei starke, mit Eisen beschlagene leiterähnliche Holzgestelle, die Gestänge, jedes gleich der Höhe des Schachtes nebeneinander. Das eine dieser Gestelle ist fest, während das andere beständig bis auf eine gewisse Höhe auf- und abwärts bewegt wird. Entsprechend dieser Hubhöhe sind auf beiden Gestellen Bühnen oder Tritte angebracht, auf welchen ein Arbeiter stehen kann. Um auf- oder abwärts zu gelangen, hat er nur abwechselnd von der festen auf die bewegliche Bühne überzugehen, und gelangt so ruckweise noch oben oder unten. Bei der doppelten Fahrkunst sind beide Gestänge in Bewegung und der Uebertritt geschieht, sobald sich die Bühnen in einer Ebene befinden. Sei nun die Anordnung zum Transport wie sie wolle, stets ist hier die größte Vorsicht anzuwenden, und eine unausgesetzte strenge Beaufsichtigung des dazu Gehörigen geboten. In den meisten Staaten bestehen daher hierüber auch besondere Gesetze und Verordnungen. Wenn immer möglich, soll für die Fahrung ein eigner Fahrschacht, sowie eine besondere Fahrmaschine vorhanden sein und die Förderung von Erzen nur in dem Förderschacht vor sich gehen, um allem unliebsamen Zusammentreffen zu begegnen.

B. Wetterführung.

Die Luft, welche wir atmen, besteht in der Hauptsache aus zwei einfachen Stoffen, Gasarten, dem Sauerstoff und dem Stickstoff, in einem Verhältnis von 77 zu 23 Gewichtsteilen oder 79 zu 21 Raumteilen. Wird dieses Verhältnis sehr gestört, so wird dieselbe zum Atmen untauglich. Diese Störung tritt nun stets in einem Bergwerk ein, teils durch die Ausatmung der Menschen, der Tiere, das Brennen der Lampen und den Dampf der Sprengmittel, teils durch Ausdünsten gewisser Gesteinsarten, und durch Faulen mannigfacher Gegenstände. Unter gewissen Umständen kann sich alsdann diese verdorbene Luft sogar entzünden und mit Knall, große Zerstörungen ausübend, abbrennen, es entstehen die schlagenden Wetter. Diesen zu begegnen, muß für eine stete Lufterneuerung gesorgt werden — der Bergmann benennt die in der Grube befindliche Luft: „Wetter", die Auswechselung derselben, den Wetterzug und die Vorrichtungen hierzu, die Wetterführung.. — Einen natürlichen Wetterzug kann man durch die Verbindung eines Schachtes mit einem Stollen herstellen. Die Auswechselung erfolgt alsdann durch den Unterschied der Wärmegrade der innern und äußern Luft. Die Wärme in der Grube bleibt sich nämlich nahezu bei allen Jahreszeiten gleich, etwa 10—12° C. bei einer Tiefe von 50 m; sie nimmt im weiteren für je 30 m um 1° C. zu. Ist die Außenwärme größer, so wird die kältere Luft im Schachte, weil sie alsdann schwerer ist, herabsinken und bei der Stollenmündung ausfließen, etwa wie in den Schacht eindringendes Wasser. Ist die Außenwärme geringer als die Innenwärme, so wird die schwerere Außenluft bei der Stollenmündung eingepreßt und die leichtere Grubenluft bei dem Schacht ausgestoßen; sie verhält sich alsdann wie der steigende Rauch in einer Rauchröhre. Immer findet ein gewisses Spiel statt, und es wird nur dann unterbrochen oder träge, wenn die Wärme innen und außen gleich oder nahezu gleich ist; dies ist indessen nur selten der Fall. Mangelt aber der Schacht oder der Stollen, oder ist der Grubenbau überhaupt zu ausgedehnt, so muß ein künstlicher Wetterzug geschaffen, und hierzu eine Wetterführung eingerichtet werden, wie dies nahezu bei allen größeren Bergwerken der Fall ist. — Der künstliche Wetterzug kann nun durch einen absichtlich bewirkten Unterschied der Wärmegrade der innern und äußern Luft, oder durch mechanische Hilfsmittel hervorgebracht werden. Im ersteren Falle werden die Rauchröhren der bestehenden Dampfkessel mit der Grubenluft in Verbindung gesetzt, oder es wird, um größere Wirkung zu erzielen, in oder über der Grube noch ein besonderer Wetterofen für eine Heizung erstellt. Kommen in dem Bergwerke erfahrungsgemäß schlagende Wetter vor, so ist natürlich die Anwendung von Feuerungen unstatthaft und es bleiben für die Erreichung eines kräftigen Wetterzuges nur mechanische Mittel übrig. Es kann z. B. ein Dampfstrahl in den Schacht eingeleitet werden, welcher senkrecht aufsteigend, die Luft in dem Schachte mit sich emporreißt, oder es werden Wettermühlen, Luftpumpen und Windräder aufgestellt, die durch Wasser- oder Dampfkraft bewegt werden. — Natürlich ist dafür zu sorgen, daß die schlechte Luft auch aus allen Teilen der Grube ausgezogen und durch gute Luft ersetzt wird. Dies ist eine Sache von ganz erheblicher Bedeutung, welche wiederum eigene Einrichtungen erfordert. Dämme, Thüren, Scheidewände, Vorhänge ꝛc. ꝛc.

müssen hierzu dienen. Zumeist führt man die frische Luft an der tiefsten Stelle des Bergwerkes ein, läßt die schlechte, verbrauchte an dem höchsten Orte austreten und rechnet pro Kopf und pro Stunde an Luftverbrauch etwa 100 — 150 m³.

C. Wasserhaltung.

Im weitern werden zumeist Vorkehrungen nötig, um das Wasser der Gruben abzuleiten. Alle derartigen Einrichtungen faßt der Bergmann zusammen unter dem gemeinschaftlichen Namen der Wasserhaltung. Regen und Schnee sammeln sich auf der Bodenfläche, versickern bis auf eine undurchlassende Schicht und treten von hier aus zu Tage. Bei dem Grubenbau ist daher vorerst darauf zu achten, daß diese Wasser nicht in das Innere eindringen können, und das Arbeiten erschweren oder gar unmöglich machen. — Oft gelingt es schon durch Außenarbeiten, Dämme, Stollen, Gräben, Röhren ꝛc. ꝛc. dasselbe abzuleiten; in den meisten Fällen jedoch, namentlich da, wo es schon aus großen Entfernungen angelangt, und bis zu einer bedeutenden Tiefe gesunken ist, genügen diese Verbauungen nicht mehr. Es sammelt sich alsdann das Wasser zumeist an den tiefsten Stellen der Grube und muß von hieraus gehoben werden, um zum Abfluß gelangen zu können, falls nicht auf dem Grubenboden Spalten vorhanden sind, welche einen Abzug gestatten, oder der Stollen ein natürliches Gefälle bildet. Ein Netz von Rinnen wird sodann nach einem Sammler geleitet und hier ein Pumpwerk erstellt. Bei großem Wasserandrange wird sowohl die Anlage an sich, wie der Betrieb derselben sehr kostspielig und die Pumpen müssen oft ununterbrochen Tag und Nacht arbeiten, damit das Werk nicht ersäuft. Die zur „Wasserhaltung" verwendeten Maschinen, nennt der Bergmann die Künste. — Die Wasserförderung wird nur in Ausnahmsfällen durch eine Pumpe von der ganzen Länge des Schachtes ausgeführt. Zumeist wird der Schacht der Höhe nach in Abteilungen gebracht, und in jeder dieser Abteilungen ein Sammler angelegt mit einer eignen Pumpe. Die unterste derselben ist eine gewöhnliche Saug- und Hebepumpe, während die darüber stehenden Druckpumpen sind.

D. Beleuchtung.

Eine wichtige Sache des Grubenbetriebes ist auch die Beleuchtung der Arbeitsstelle. Um bei der Arbeit genügende Helligkeit zu haben, führt jeder Arbeiter ein Licht, das Geleuchte, mit sich. Es sind dies entweder Talgkerzen oder besondere, an einem Haken befestigte Grubenlampen von Blech mit Baumwolldocht und Rübölspeisung. Zweckmäßige Petroleumlampen sind bis jetzt noch nicht vorhanden, da die in den Gruben herrschende Zugluft die Flamme zu leicht zum Verlöschen bringt. Gestattet es die Oertlichkeit, so benutzt man wohl auch das Leuchtgas zu dem gewünschten Zwecke. In Gruben, in welchen schlagende Wetter vorkommen, darf kein offenes Licht angewendet werden, sondern nur die Sicherheitslampe. Es sind dies gewöhnliche Oellampen, welche mit einem ganz feinen, engmaschigen Drahtgitter umgeben sind. Die äußere Grubenluft tritt durch das Metallgewebe wohl an die Flamme, entzündet sich auch daselbst, dringt aber nicht nach außen, weil das kalte Metall eine solche Abkühlung hervorbringt, daß die

außerhalb befindliche Luft nicht zur Entzündung kommen kann. Die Lampen werden an einem ungefährlichen Orte angezündet, und dem Bergmann verschlossen und verschraubt zur Benutzung übergeben. — Ungeachtet aller der vorbeschriebenen Maßregeln zum Schutze des Lebens und der Gesundheit des Bergmannes, kommen doch, wie es bei einem solch gefährlichen Geschäfte wie der Bergbau ist, auch nicht anders zu erwarten, oft genug bedeutende und bedauernswerte Unfälle vor. Teils sind diese durch Zufälle entstanden, die zu verhüten nicht in der Gewalt des Menschen lag, teils sind sie durch Leichtsinn und Fahrlässigkeit der Arbeiter selbst herbeigeführt. So treffen z. B. im deutschen Reiche auf je 100000 Arbeiter, in dem Jahre 205 Tote und 8600 Verletzte. Dies ungeachtet einer strengen Gesetzgebung und einer sorgfältigen Ueberwachung derselben. In anderen Ländern ist dieses Verhältnis noch ungünstiger.

6. Aufbereitung der Erze.

Die durch die beschriebenen Arbeiten gewonnenen Erze bedürfen noch einer weiteren Behandlung, bevor sie zur Schmelzung oder Verhüttung gelangen können. Die anhängende Erde und fremde, nicht benutzbare Gesteinsarten müssen entfernt und ausgeschieden werden, um eine möglichst reiche Ware zur weiteren Verarbeitung fertig zu stellen. Diese Arbeit heißt die Aufbereitung, und wird teilweise schon in der Grube, zumeist aber zu Tage, oberhalb derselben vorgenommen. Ausnahmsweise, d. h. wenn billigere Betriebskräfte vorhanden sind, geschieht es auch bei den Schmelzhütten selbst.

Die Arbeit besteht in einem Zerkleinern und Waschen der Erze und je nachdem die fremden Bestandteile in größeren oder geringeren Mengen mit dem Erz verbunden sind, hat auch die Verkleinerung zu erfolgen, so daß die Trennung leicht bewerkstelligt werden kann. — Die Waschung bezweckt, die leichtern Erdarten von dem schweren Erz durch die Verschiedenheit des Eigengewichtes abzuscheiden. Man unterscheidet daher auch eine nasse und eine trockene Aufbereitungsweise. Die Arbeit wird entweder von Hand, oder durch eigne Maschinen für die Zerkleinerung, Steinbrechen, Schleudermühlen, Walz- und Pochwerke ausgeführt. Für das Waschen dienen besondere Schlammvorrichtungen auf geneigten Flächen, oder in Gruben, bei welchen die schweren, wertvollen Teile am obern Ende oder auf dem Boden liegen bleiben, während das Leichte durch Wasser weggeschwemmt wird. — Die genannten Arbeiten kommen indessen nur ausnahmsweise vor, weil man sich, der Billigkeit wegen, gewöhnlich darauf beschränkt nur diejenigen Gesteine zu verwenden, welche keiner weitläufigen Aufbereitung bedürfen. Bei den Eisenerzen genügt daher zumeist eine Absonderung des Untauglichen, des tauben Gesteins, durch die Hand, und eine Zerkleinerung wird gewöhnlich erst auf dem Hüttenwerke selbst, durch einen schweren Schlägel bewirkt. Die Erze bedürfen aber, auch wenn sie keine oder sehr wenig fremde Bestandteile mit sich führen, oftmals noch einer chemischen Aufbereitung. Sie besteht in einem Rösten derselben und bezweckt ein Mürbebrennen um den festen Zusammenhang zu zerstören, eine Entfernung des Wassers, der Kohlensäure und eine Zerstörung der Schwefelbeimengungen. Das Rösten geschieht in freien Haufen oder Meilern, 40—60 m lang,

6—10 m breit und 1—3 m hoch; in Haufen, die der Schlagregen halber auf drei oder auch auf vier Seiten mit niederer Mauer umgeben sind, in Stadeln, 6—7 m lang, 4 m breit, 2—3,50 m hoch, oder auch in besonderen Schachtöfen mit und ohne Rost, ähnlich den Brennöfen für den Kalk. Die Schachtöfen haben 3—15 m Höhe, 3—6 m Durchmesser und verbrauchen an Steinkohlen ca. 5—10 Prozent der behandelten Erze. Oft wird nach dem Rösten noch einmal eine Zerkleinerung der Erzstücke vorgenommen, manchmal aber auch, je nach der Natur des Erzes, sind sämtliche Aufbereitungsarten nicht nötig, und es wird dasselbe ohne jegliche Vorbereitung direkt aus der Grube in den Schmelzofen befördert. — Mancherlei Erze können auch durch Liegen im Freien, durch Verwittern, vollständig genügend für das Ausschmelzen vorbereitet werden, doch ist dafür eine lange Zeit, oft mehrere Jahre erforderlich. Bei andern bringt es wiederum die eigenartige Beschaffenheit mit sich, daß sie vor Feuchtigkeit geschützt werden müssen, und daher nur unter Dach aufbewahrt werden können. Oftmals läßt man die Erze auch nach dem Rösten noch verwittern.

7. Natur der Erze.

Durch unsere Sinne nehmen wir Gegenstände, sowie besondere Vorgänge an denselben, wahr und die einzelnen Zweige der Naturwissenschaften beschreiben oder erläutern solches.

So ist es z. B. die Mineralogie, welche uns Kenntnis der verschiedenen Gesteinsarten gibt. Die Physik erklärt uns Vorgänge, welche an Körpern vorkommen, ohne daß sich deren Beschaffenheit dabei ändert und diejenige Wissenschaft, welche sich mit der Natur der Körper beschäftigt, welche untersucht, unter welchen Bedingungen eine vollständige Umwandlung derselben stattfinden kann, heißt die Chemie, oder die Scheidekunst. Aus vielen Versuchen ist nun dargethan, daß die Mehrzahl der vorkommenden Körper aus verschiedenen Stoffen besteht, welche, voneinander getrennt, sowohl unter sich, wie gegenüber dem ursprünglichen Körper verschiedenartige Eigenschaften zeigen.

Diese zerlegbaren Körper nennen wir zusammengesetzte, und diejenigen, welche sich nicht mehr weiter zerlegen lassen, einfache Körper. Solche einfache Körper oder Elemente, kennt die Chemie bis jetzt 63. Die Mehrzahl der einfachen Stoffe ist fest, glänzend, sie leiten die Wärme und Elektrizität und heißen Metalle; die kleinere Gruppe ist fest oder gasförmig, sie sind nicht glänzend, leiten die Wärme und die Elektrizität nicht und heißen Nichtmetalle. — Die Chemie nun lehrt uns die Eigenschaften der verschiedenartigen Körper erkennen; wenn wir alsdann die Eigentümlichkeiten richtig benutzen, wird es auch möglich, die Körper zu trennen, zu zerlegen oder zusammenzusetzen, zu verbinden und dies geschieht in ausgedehntem Maße bei der Darstellung des Eisens.

Die Zerlegung und Verbindung der Körper, in dem Sinne der vollständigen Umwandlung ihrer ursprünglichen Natur, heißt ein chemischer Prozeß. Die Umwandlung des Erzes in Eisen erfolgt auf dem Hüttenwerke und deswegen sprechen wir auch von einem Eisenhüttenprozeß, im allgemeinen oder, wenn es sich um Darstellung gewisser bestimmten Eisenarten handelt, von diesen Prozessen im besondern.

Das Eisen an sich ist zwar ein *einfacher Stoff*, aber es findet sich nur äußerst selten in diesem Zustande, und hat auch als ein solches, keine Verwendung in der Technik. Beinahe immer ist es mit andern, einfachen oder zusammengesetzten Stoffen verbunden, und bildet so wiederum einen zusammengesetzten Körper, der eine Trennung und eine neue Zusammensetzung erleiden muß, um für unsere gewerblichen Zwecke tauglich zu werden. Dies aber geschieht, zunächst durch die *Schmelzung* der Erze. Obgleich nun das Eisen in der oben geschilderten Form eine ausgedehnte Verbreitung in der Natur hat, wird es der Kostenersparnis wegen doch nur aus denjenigen Gesteinsarten dargestellt, welche gewisse Mengen davon enthalten.

Dies sind die sogenannten *Eisenerze*, deren Schmelzwürdigkeit zumeist durch einen Eisengehalt von 30—70 Prozent bedingt wird. — Erze mit weniger Eisengehalt können bei sonstiger geeigneter Beschaffenheit als Zuschläge benutzt werden. Die Schmelzwürdigkeit wird im fernern beeinflußt durch den Gehalt an fremden Beimischungen, die je nach ihrer Natur einen günstigen oder einen ungünstigen Einfluß auf das Ausschmelzen üben können, oder wenn nicht unmittelbar schädlich, doch den Wert des Eisensteins vermindern. — In dem genannten Sinne werden daher auch nur gewisse Gesteinsarten, *in engerer Beziehung genommen*, zu den Eisenerzen gerechnet. Dieselben sind hauptsächlich Verbindungen des Eisens mit einem andern einfachen Stoff, einer Gasart, dem Sauerstoffe. Sauerstoff ist in der Natur allgemein verbreitet; er bildet mit dem Stickstoff unsere Luft und mit dem Wasserstoff, das Wasser; niemals findet er sich unverbunden. Die Verbindung eines Körpers mit Sauerstoff heißt ein *Oxyd*, der Vorgang selbst die *Oxydation*; die Trennung eines Körpers von Sauerstoff nennt man die *Reduktion*. Da der Sauerstoff sich mit den meisten übrigen Stoffen in mehreren, jedoch immer gleichen Gewichtsverhältnissen verbindet, so unterscheiden wir auch verschiedene Oxydationsstufen, die besondere Namen haben. Um für das Kommende verständlich zu bleiben, erwähnen wir noch, daß die Oxyde wiederum in *saure, basische* und *indifferente* Oxyde zerfallen, je nach ihrem Verhältnis untereinander, d. h. je nachdem dieselben befähigt sind, sich wiederum untereinander zu verbinden oder nicht.

Die wichtigsten Verbindungen der Eisenerze sind nun solche Sauerstoffverbindungen, immer mehr oder weniger von andern Stoffen, wie Thon, Kalk, Kieselerde, Magnesia, Phosphor, Schwefel, Arsenik ꝛc. begleitet. Diesen Oxyden muß der Sauerstoff entzogen und die schädlichen Stoffe davon entfernt werden, um Eisen zu erhalten.

Gesteine, welche mit Vorteil ausgeschmolzen und daher hauptsächlich als Eisenerze bezeichnet werden, sind:

a) *Der Magneteisenstein (Eisenoxyduloxyd)*. Hauptsächlich im Norden der Erde vorkommend, auch in Spanien und Afrika, mit 40 bis 70 Prozent Eisen.

b) *Der Eisenglanz, Roteisenstein, Hämatit (Eisenoxyd)*. Kommt als Eisenglanz und Roteisenstein hauptsächlich in Frankreich, Spanien, England und Deutschland vor, mit 50—70 Prozent Eisen. Vorzügliche Lager finden sich auf Elba.

c) *Der Brauneisenstein, Nieren-, Rasen-, Rogen-, Wiesen-, Bohnerz (Eisenoxydhydrat)*. Ebendaselbst und in Oesterreich vorkommend, mit 20—60 Prozent Eisen.

d) Der Spat-, Thon-, Kohleneisenstein (kohlensaures Eisenoxydul). Vorkommend in Oesterreich, Nord-Ungarn, Franken, Nassau und Thüringen, mit 30—50 Prozent Eisen und 10 Prozent Mangan.

e) Die Minette, eine Abart des Brauneisensteins mit Kalk und Kieselerde gemengt. Sie bildet ganze bedeutende Lager im Jura, in Lothringen, in Luxemburg und einem Teile von England, mit 28—40 Prozent Eisen, verunreinigt durch Schwefel und Phosphor.

Man unterscheidet zwei Sorten, die graue, an Eisen ärmer und reicher an Kalk und die rote, an Eisen reichere, doch mit geringerem Kalkgehalt. Noch sei hier eine Eisensorte erwähnt, die, wenn auch selten vorkommend, zwar nicht dem Hüttenmann, doch dem Naturforscher wichtig bleibt, es ist dies:

f) Das gediegene oder Meteoreisen, welches, aus der Luft gefallen, den Eisenmeteorstein bildet. Gewöhnlich ist demselben ein anderes Metall, der Nickel, beigemischt und nur an zwei Stellen der Erde fand man solche Steine ohne denselben.

Eine zweite Art dieser Steine enthält das Eisen nur eingesprengt, der größere Teil derselben ist kieselhaltig und Nickel fehlt.

Die vorstehenden Eisenarten, welche, mit Ausnahme der letzten Sorte, alle Eisenoxyde sind, werden von dem Sauerstoff und den übrigen schädlichen Beimischungen getrennt, um das was wir Eisen nennen zu erhalten. Die Beimischungen, welche die Erze gewöhnlich mit sich führen, heißen, wie schon erwähnt, die Gangarten. Es sind dies hauptsächlich Quarz, Mergel, Dolomit, Kalk und Thon, welche nicht schädlich wirken, während Schwerspat und Gips, weil Schwefel, Apatit aber weil Phosphor enthaltend, schädlich sind. Das Gleiche gilt von den andern Metallen, die in Verbindung mit Schwefel auftreten. Ein Metall (einfacher Stoff), das Mangan, ist als Begleiter des Eisenerzes sehr geschätzt und kommt auch mit diesem in verschiedenen Verbindungen häufig vor, z. B. als der sogenannte Braunstein. — Die Abscheidung des Sauerstoffes und der schädlichen Bestandteile der Eisenerze erfolgt sodann auf besonderen Anlagen, den Eisenhütten oder Schmelzhütten.

8. Probieren der Erze.

Um sich über das zu gewinnende Eisen und dessen Verhalten bei dem Ausschmelzen im voraus ein Urteil bilden zu können, wird dasselbe, zumeist auf der Schmelzhütte selbst, einer Probe unterworfen. — Bei Vornahme dieser Proben kommt es darauf an, sich möglichst jenen Verhältnissen zu nähern, welche bei einem Betrieb im großen vorkommen. Es soll die Natur des Erzgesteines, dessen Verhalten gegen den Brennstoff, sowie das Ergebnis an Eisen und unbrauchbaren Rückständen genau erkannt werden, um hiernach die Art und Weise festzustellen, wie bei der gewerbmäßigen Eisenerzeugung am vorteihaftesten zu arbeiten sei. — Proben der Erze werden daher in Tiegeln mit den nötigen Zusätzen eingeschmolzen und aus der Beschaffenheit des gewonnenen Eisens und der gebildeten Schlacke lassen sich hinreichend genaue Schlüsse für die Verarbeitung im großen ziehen. Zu-

meist müssen diese Proben wiederholt und unter veränderten Verhältnissen vorgenommen werden, bis alles Wünschenswerte genau festgestellt ist. — Die Ermittelung des Metallgehaltes der Erze bleibt überhaupt eine wichtige Sache, es ist meistens auf dem Hüttenwerke ein eigner Chemiker, der Probierer, dem diese Obliegenheit zufällt. Er hat ebenso alle gewonnenen Erzeugnisse zu prüfen, und dem Hüttenmann die nötigen wissenschaftlichen Angaben zu liefern, wonach dieser seine Arbeiten regelt. — Der Verkauf der Erze geschieht zumeist einzig nach dem Gehalt an Metall, und derjenige vereidete Chemiker, der in streitigen oder gewünschten Fällen denselben zu bestimmen hat, heißt der Wardein.

Um unsern Lesern einen Begriff zu geben, auf welche Weise etwa ein Erz zusammengesetzt ist, fügen wir das Ergebnis zweier derartiger Untersuchungen bei. Beide Sorten stammen aus dem Großherzogtum Luxemburg.

	Erz	
	von Esch	von Differdingen
Eisen	42,40	37,83
Sauerstoff	18,12	17,84
Thonerde	6,03	9,38
Kalkerde	9,50	7,40
Bittererde	0,48	0,60
Kieselerde	9,80	13,70
Phosphorsäure	1,44	1,50
Schwefel	0,08	0,10
Glühverlust	12,15	11,65
	100,00	100,00

9. Gattieren der Erze.

Wir haben bereits bei Besprechung der Natur der Eisenerze erwähnt, daß deren Schmelzwürdigkeit außer dem Eisengehalt auch durch den Gehalt an fremden Beimischungen beeinflußt wird. Sind dieselben nach ihrer Menge und Eigentümlichkeit derart beschaffen, daß sie sich durch Schmelzung miteinander verbinden können, so wird deren Ausscheidung auch leicht erfolgen. Es bildet sich eine flüssige Masse, die Schlacke, welche leichter als das flüssige Eisen auf demselben schwimmt, und deswegen auch bequem zu entfernen ist oder ununterbrochen aus dem Schmelzofen abfließt.

Selten liegt jedoch bei den Erzen der erwähnte Fall auch vor. Nur einige Gegenden in Schweden, Norwegen, Steiermark und Luxemburg führen derartige günstig zusammengesetzte Eisensteine. Zumeist wird es nötig, um die vollständige Ausscheidung des Eisens mit dem geringsten Aufwand an Brennstoffen zu erreichen, gewisse Zusätze, Zuschläge, zu machen oder verschiedenartige Eisensteinsorten derart miteinander zu mengen, daß der beabsichtigte Zweck erreicht wird.

Bildet sich zu wenig Schlacke, so ist das flüssige Eisen nicht genügend vor der Luft geschützt und nimmt aus dieser Sauerstoff auf.

Sind zu viele Schlacken vorhanden, so scheiden sich die Körner des Eisens nicht leicht aus, und die Schlacken müssen oftmals nachträglich noch unter ein Pochwerk gebracht werden, um nach der Zerkleinerung alle wertvollen Bestandteile daraus gewinnen zu können. Es kommt daher zur Erzielung eines vorteilhaften Arbeitsganges ganz auf die richtige Zusammenstellung der Rohstoffe an, und diese Arbeit selbst heißt das Gattieren oder die Möllerung. Im engeren Sinne genommen, bedeutet: „Gattierung", die Mischung verschiedener Erzarten, während „Möllerung" die Zusammenstellung von Erz mit nicht metallhaltigen Gesteinsarten ist. Bei der Gattierung der Erze ist daher zu beachten:

1. Die Gattierung in Bezug auf die Eigennatur des zu erzielenden Roheisens und
2. Die Gattierung in Bezug auf eine günstige Schlackenbildung.

Beide Arten können und müssen wiederum unter sich in Beziehung stehen, denn es muß das Eisen vor dem Gebläsewind hinlänglich geschützt sein.

Die Schlacken sollen einen gleichen Schmelzpunkt wie das Eisen haben und dabei im stande sein, schädliche Stoffe wie Schwefel, Phosphor rc. ganz in sich aufzunehmen.

Die Möllerung selbst wird in der Weise ausgeführt, daß man in einem bedeckten Raume, dem Möllerhause, lagenweise die Erze und die Zuschläge: Quarz, Flußspat, Mergel, Kalk, Dolomit, Bittererde, Thon und gewisse Schlackensorten übereinander ausbreitet und so den Möllerhaufen bildet.

Von dem Haufen, dem Möller, werden alsdann, je nach dem Verbrauch für den Schmelzofen und um alle Schichten gleichmäßig zu treffen, die Teile senkrecht abgestochen, die Masse in die sogenannten Gichtwagen gefüllt und zur Verfüllung in den Ofen weggeführt. In den Gegenden, die verschiedene Erzsorten führen, kann eine geeignete Zusammenstellung derselben die Möllerarbeit ganz überflüssig machen. In dieser glücklichen Lage sind z. B. die Luxemburger Werke, welche die kalkärmere und eisenreichere rote Minette mit der kalkreicheren und eisenärmeren grauen Minette in gewissen Verhältnissen mischen können, um einen günstigen Schmelzgang zu erzielen. Die Erze können deswegen an solchen Orten unmittelbar aus der Grube in den Hochofen befördert und alle Zwischenarbeiten dadurch erspart werden.

III.

Das Roheisen.

1. Der Schmelzgang.

Das auf die vorbeschriebenen Arten gewonnene und behandelte Eisenerz wird nun zur Schmelzstätte gebracht, um dort verarbeitet zu werden und das Ergebnis dieser Arbeit, heißt Roheisen.

Wir haben bereits bei Besprechung der Natur der Eisenerze erwähnt, daß diese selbst Sauerstoffverbindungen oder Oxyde des Eisens sind, d. h. zusammengesetzte Körper, welche, um ein für technische Zwecke brauchbares Erzeugnis zu liefern, einer Zerlegung und nachheriger anderweitiger Zusammensetzung bedürfen. Die Zerlegung bezweckt zunächst, den Sauerstoff zu entfernen (zu reduzieren) und neben diesem, auch die beigemengten andern schädlichen Bestandteile.

Ist diese Trennung erfolgt, so haben wir das reine Eisen, den einfachen Stoff; dieses aber ist nahezu unschmelzbar, weich und spröde, und findet deshalb für gewerbliche Zwecke keinerlei Anwendung. Alles dasjenige Metall, welches wir zu Gebrauchszwecken verwenden und gewöhnlich auch mit dem Namen Eisen benennen, ist wiederum ein zusammengesetzter Körper, bestehend aus zwei einfachen Körpern, dem reinen Eisen und dem Kohlenstoff. Erst dieser gibt dem Eisen (bei einem gewissen Mengeverhältnis) jenen unschätzbaren Wert, der es möglich macht, alle die unzähligen Gegenstände darzustellen, wie wir sie im täglichen Leben verwenden. Die Darstellung dieses Kohleneisens zerfällt daher in drei Teile:

1. In die Abscheidung des Sauerstoffes, der mit dem Eisenerz verbunden ist.

2. In die Abscheidung der sonstigen mit den Eisenerzen verbundenen schädlichen und unnützen Bestandteile.

3. In die Verbindung des alsdann gewonnenen reinen Eisens mit einer gewissen Menge von Kohlenstoff.

Diese drei Vorgänge erfolgen durch das Ausschmelzen der Erze; die Schmelzung aber kann nur durch einen hohen Hitzegrad erlangt werden, und um diesen zu erreichen, müssen in dem dazu geeigneten Ofen passende Stoffe zur Verbrennung gelangen. — Die bauliche Einrichtung des Ofens werden wir später kennen lernen, und wollen zunächst hier nur jene Wandlungen betrachten, welche sich durch den Schmelzgang im Innern desselben vollziehen.

Die Verbrennung ist ein chemischer Vorgang, bei welchem ein Körper sich unter Entwickelung von Wärme und unter Lichterscheinung mit Sauerstoff verbindet. Der Körper wird Brennstoff genannt und das Gemenge, das aus der Verbindung desselben mit dem Sauerstoff entsteht, heißt das Verbrennungsprodukt. Damit aber diese Verbindung vor sich gehen kann, muß der Brennstoff in der Regel vorher erhitzt werden, diese Erhitzung heißt das Anzünden, und der nötige Hitzegrad, bei welchem der Körper anfängt, Sauerstoff aufzunehmen, d. h. zu brennen, wird die Entzündungstemperatur genannt.

Wie schon einmal erwähnt, enthält die uns umgebende Luft in 100 Raumteilen 21 Teile Sauerstoff und 79 Teile Stickstoff oder in 100 Gewichtsteilen 23 Teile Sauerstoff und 77 Teile Stickstoff. Während nun der Sauerstoff das Brennen unterhält, bewirkt der Stickstoff das Gegenteil, er löscht einen brennenden Körper. Es ist daher schwer, einen Körper vollständig zu verbrennen, weil bei den angegebenen ungünstigen Mischungsverhältnissen der Luft, nicht jeder Teil desselben innig genug mit dem Sauerstoff in Berührung gebracht werden kann. Für die vollständige Verbrennung müssen daher künstliche Mittel zur Anwendung kommen und ein solches ist das Gebläse des Hochofens, worüber später das Nähere.

Es ist dazu bestimmt, eine große Menge Luft zuzuführen; diese mit Gewalt eingepreßt, sucht sich im Innern auszubreiten und trifft dadurch alle Teile des Brennstoffes derart, daß durch die größere Luftmenge auch ein größerer Teil an Sauerstoff angeliefert wird. Ist nun mit Hilfe des Gebläses die Verbrennung eingeleitet, so werden die obern Erzschichten durch die nach aufwärts ziehenden Gase getrocknet, gewärmt und geröstet, und dazu schwach glühend, wobei etwaige Schwefelverbindungen dampfförmig entweichen.

Bei einer Verbrennung entwickeln sich stets gewisse Gasarten, zusammengesetzt nach verschiedenem Verhältnis, aus dem Sauerstoff der Luft und aus Kohle. Ist genügend Sauerstoff vorhanden, so entsteht Kohlensäuregas, im andern Falle Kohlenoxydgas.

Im untern Teile des Ofens wird sehr viel Luft durch die starke Pressung eingeführt, der Brennstoff verbrennt daher vollständig und bildet demzufolge Kohlensäure.

Im obern Teile des Ofens ist die Verbrennung unvollkommen, und es erzeugt sich Kohlenoxydgas. Dabei nimmt die aufsteigende Kohlensäure noch Kohle in sich auf, gibt auch Sauerstoff an den glühenden Brennstoff zu dessen Verbrennung ab und wird dadurch in Kohlenoxyd verwandelt.

Das Erz aber ist eine Verbindung des Eisens mit Sauerstoff oder Eisenoxyd. Dieses hat die Eigenschaft, bei einem gewissen Hitzegrad und in Berührung mit kohlenstoffhaltigen Gasen, an diese, seinen Sauerstoff leicht abzugeben und sobald die Masse nach und nach in dem Ofen niedersinkt, beginnt auch diese Umwandlung. Das Erz, seines Sauerstoffes beraubt,

wird alsdann zu reinem Eisen, behält seine Form vorerst noch bei und bildet den sogenannten Eisenschwamm, einen ganz porösen Körper, der mit den Erdarten, die in dem Erz vorhanden waren, noch verbunden ist. — Der Eisenschwamm sinkt nun mit der ganzen Schmelzmasse immer tiefer und kommt in die Teile des Ofens, in welchen die Kohle schon nahezu vollständig verbrannt ist. Er hat die Eigenschaft, bei einem sehr hohen Hitzegrad in Berührung mit fester Kohle oder mit Kohlengasen einen gewissen Teil Kohlenstoff in sich aufzunehmen, d. h. er bildet alsdann den zusammengesetzten Stoff, das Kohleneisen. Kohleneisen ist verhältnismäßig leicht schmelzbar; weiter unten in dem Ofen angekommen, beginnt es daher sich von den umgebenden Erdarten zu trennen, es schmilzt, tropft aus der Hülle und sammelt sich als eine flüssige Masse auf dem Boden des Ofens. Sobald das Eisen aus seiner Umhüllung getreten, beginnt auch diese selbst zu schmelzen, sie sammelt sich ebenfalls im untern Teil des Ofens als ein flüssiges Gemenge an, das, weil leichter als das Eisen, auf demselben schwimmt und die Schlacke bildet. — Außer dem Kohlenstoff nimmt aber das Roheisen auch noch schädliche Bestandteile auf, z. B. sämtlichen Phosphor der Beschickung und teilweise Kiesel, Schwefel, Arsenik, sowie das für manche Zwecke erwünschte Mangan. Dies ist der Verlauf des Schmelzganges in dem Ofen, und demgemäß unterscheidet man in demselben vier Abteilungen oder Zonen in welchen sich die geschilderten Vorgänge, entwickeln.

a) Die Vorwärmzone mit 200 — 300° C.
b) Die Reduktionszone mit 700 — 900° C.
c) Die Kohlungszone mit 1200 — 1400° C.
d) Die Schmelzzone mit 1500 — 1700° C. und darüber.

Die abziehenden Verbrennungsgase sind ein Gemenge von unbrennbaren Gasen, worunter die Kohlensäure, und brennbaren, wobei das Kohlenoxyd. Es wird nämlich das aufsteigende Kohlenoxydgas ungeachtet der Aufnahme des Sauerstoffes der Erze durchaus nicht vollständig, sondern nur zum Teil in Kohlensäure umgewandelt, ein Rest bleibt immer unbenutzt. Dieser Rest beträgt etwa 25 Prozent des ganzen Gemenges und verbrennt, bei einem ungehinderten Austritte aus dem Schacht, mit der umgebenden Luft zu Kohlensäure unter Flammenerscheinung. Bei dieser Verbrennung aber wird sehr viel Wärme entwickelt; diese ging früher nutzlos verloren, wird aber in den heutigen Tagen zu mancherlei Zwecken dienstbar gemacht, wie später gezeigt werden soll.

2. Der Schmelzofen.

Nachdem in dem Vorhergehenden der Zweck des Schmelzens erläutert ist, gehen wir zur Beschreibung des hierzu geeigneten Ofens über. — Ursprünglich bestand die Schmelzvorrichtung nur aus einer vertieften Mulde, gelegen auf einer dem Zugwinde ausgesetzten Stelle, in welcher das Erz mittels angefeuchteter Holzkohlen ausgeschmolzen wurde; eine Fächerbewegung mußte die Glut erhöhen. — Aus diesem Grubenfeuer entwickelten sich die Renn- oder Luppenherde, ummauerte Feuerstellen, denen aus Ziegenfellen oder ausgehöhlten Baumstämmen gepreßte Luft zugeführt wurde. Diese Anordnung der Schmelzvorrichtung, ähnlich einer großen vertieften

Schmiedeesse (0,25 — 0,50 m) hat sich bis in den heutigen Tag, wenn auch in einem etwas vervollkommneten Zustande erhalten. Wir finden dieselbe hauptsächlich in Spanien, in der Provinz Katalonien, in den drei baskischen Provinzen, in Corsica und in einigen nordamerikanischen Ländern, sie heißen deswegen auch katalonische Rennfeuer, die Arbeit selbst das Rennen oder Luppenfrischen. — Diese noch immer unvollkommene Schmelzvorrichtung erfordert sehr viel Brennstoff, zum mindesten das drei- bis vierfache Gewicht des gewonnenen Eisens, und bedarf beiläufig 16 Stunden Zeit, um je nach der Größe des Herdes etwa 150 kg Metall zu gewinnen. Der Eisenklotz, die Luppe oder der Wolf, der sich auf der Sohle des Herdes gebildet hat, wird auf dem Amboß mit dem Hammer weiter bearbeitet und ist für einzelne Zwecke von ganz vorzüglicher Güte.

In einer späteren Zeit, zu Anfang des 8. Jahrhunderts, begann man die Herde noch tiefer zu machen, 1,5 — 2,0 m, wandte verbesserte Handgebläse an und kam zu den sogenannten Windöfen.

Die Vertiefungen der Esse oder, was das Gleiche ist, die Erhöhung der Umfassungsmauer des Schmelzherdes fand man bald als vorteilhaft, ging damit bis auf 3 — 6 m und errichtete Gebläse, die von einer Wasserkraft in Thätigkeit gesetzt wurden; hierdurch entstanden die Stück- oder Wolfsöfen. Diese Oefen lieferten bei einem Schmelzgange schon etwa $^1/_2$ Tonne Eisen, in Stückform, gleichfalls Wolf genannt. — In allen diesen Schmelzvorrichtungen ließen sich indessen immer nur gewisse Sorten von Eisenerz ausschmelzen, reine, leicht schmelzbare oder gutartige. Mit dem zunehmenden Eisenverbrauch war man jedoch bald gezwungen, auch minderwertige Erze zu verarbeiten, und erkannte zeitig, daß dies nur durch eine Verstärkung des Hitzegrades, und dieser wiederum nur durch Erhöhung der Umfangswände des Herdes zu erreichen sei.

Hatte man das Eisen bisher nur in einem teigigen Zustande gewonnen, so kam dasselbe jetzt, eben infolge der gesteigerten Hitze zu einem vollständigen Schmelzen, man erhielt es als ein flüssiges Erzeugnis, das sich auf dem Boden des Ofens ansammelte und von da aus abfließen konnte, wenn die geeignete Vorrichtung hierzu geschaffen war. Auf diese Art entstanden zu Anfang des 13. Jahrhunderts die Blauöfen, bei welchen die Schmelzung nicht mehr in gewissen Zeitabschnitten, sondern ununterbrochen fortgeführt wurde. Der Blauofen ist somit als das Vorbild unserer jetzt bestehenden Schmelzvorrichtungen anzusehen. Er hatte einen Abfluß für das Eisen, war dieses ausgetreten, so folgte die Schlacke nach. — Nach dem heutigen Stande des Gewerbewesens stellen wir nun folgende Anforderungen an einen leistungsfähigen Hochofen.

1. Das aufgegebene Erz soll abgetrocknet, vorgewärmt und geröstet werden.

2. Es soll dem, mit Sauerstoff verbundenen Erzgesteine, derselbe allmählich entzogen werden.

3. Das auf vorstehende Weise entstandene Eisen muß sich mit Kohlenstoff verbinden können, um leichter schmelzbar zu werden.

4. Das alsdann gebildete Kohleneisen muß zu einer wirklichen Schmelzung gelangen.

5. Die mit den Erzen verbunden gewesenen Erdarten müssen gleichzeitig mit dem Kohleneisen in Fluß geraten.

6. Das flüssige Eisen und die flüssige Schlacke müssen auf eine bequeme Art dem Ofen entzogen werden können.

Die innere Form des Ofens muß daher in einer solchen Weise gestaltet sein, daß den gestellten Bedingungen bei dem geringsten Zeitaufwand und den kleinsten Kosten entsprochen werden kann. — Diesem nachkommend, hat sich im Laufe der Zeit für den Hochofen eine gewisse Urform ausgebildet, der wir auch, bei mehr oder minderen Abweichungen, doch stets begegnen. Er bildet einen turmähnlichen Schacht, der sich nach oben und unten zugleich einem Fasse verjüngt und dessen unterer Teil in einem walzenförmigen Hohlraum endet. (**Fig. 2** und 3.)

In dem Innern dieses Schachtes wird das Erz in unmittelbarer Berührung mit Brennstoff ausgeschmolzen und behufs einer lebhaften Verbrennung, dem letzteren von außen vermittelst Pressung, Luft, entweder im kalten oder in einem erwärmten Zustande, beigeführt.

Die Höhe dieses Schachtes richtet sich ganz nach der Widerstandsfähigkeit des zur Verwendung kommenden Brennstoffes; dieser darf nicht durch die Masse des darüber liegenden Gesteines zerdrückt werden, indem sonst der Zug gestört und der regelmäßige Arbeitsgang unterbrochen würde.

In einem gewissen, durch die Erfahrung ermittelten Verhältnis zu dieser Höhe, steht alsdann die Weite des Ofens und dessen übrige Abmessungen. Nehmen wir noch hierzu die Berücksichtigung der Eigennatur des auszuschmelzenden Erzes, des Wärmegrades und der Pressung der zugeführten Gebläseluft, so sind alle die Bedingungen zusammengefaßt, welche für die Gestaltung des Hochofens maßgebend bleiben.

Wie nun auch immer die Maße der Höhen und der Durchmesser nach den obwaltenden Verhältnissen verschieden sein mögen, so unterscheiden wir doch stets drei Hauptteile, wie dies in der Querschnittzeichnung ersichtlich ist. **Fig. 2** und 3.

1. Der untere Teil A ist ein ringförmiger Hohlraum oder Kegel mit sehr geringem Anzug und heißt das Gestell.
2. Der mittlere, umgekehrt stehende Kegel B, bildet die Rast.
3. Der obere, aufrechtstehende Kegel C, ist der Schacht.

Als eine besondere Abweichung kommt es wohl auch vor, daß die Querschnitte dieser Teile anstatt kreisrund, länglich viereckig oder eirund sind. Die Schachtöffnung heißt die Gicht; sie bildet den Rauchabzug und dient zum Einfüllen der Rohstoffe. Durch die allmähliche Erweiterung des Schachtes werden diese immer mehr ausgebreitet und gestatten den Verbrennungsgasen deswegen einen leichteren Durchgang. — Die Stelle, an der sich die beiden Kegel treffen, hat stets den größten Durchmesser des Innenraumes und führt den Namen Kohlensack. Die Form, der sich abwärts des Kohlensackes nach unten einziehenden Rast, bezweckt die Rohstoffe wiederum mehr zusammenzufassen, um dieselben zum Schmelzen vorzubereiten, d. h. um die Kohlung des Eisens zu bewirken.

Durch die Verengerung des untern Teiles, des Gestelles, wird alsdann die Hitze derart gesteigert, daß das Schmelzen des Erzes beginnt, und die beigemengten Erdarten auch in einen flüssigen Zustand übergehen. In dem untersten Teile des Gestelles, dem Eisenkasten, sammelt sich alsdann das flüssige Eisen und die gleichfalls flüssige Schlacke, welche als leichter, obenauf schwimmt. Um Schlacke und Eisen, wie dies unter Anforderung 6 erwähnt wurde, bequem entfernen zu können, haben sich, unter Berücksichti-

gung besonderer Zwecke, die man nebenbei noch verfolgt, zwei Anordnungen ausgebildet. Je nachdem alsdann die eine oder die andere dieser Formen bei dem Ofen vorkommt, hat auch dieser selbst einen anderen Namen. — Ist das Gestell von allen Seiten geschlossen und nur eine kleine Oeffnung für den Abfluß des Eisens und der Schlacken vorhanden, bildet der Ofen demnach von unten bis oben ein geschlossenes Ganzes, derart, daß alle Verbrennungsgase und auch die Wärme nach der Gichtöffnung aufsteigen müssen, so haben wir die ältere Anordnung vor uns und es heißt ein solcher Ofen: Ofen mit geschlossener Brust oder Blauofen.

Blauöfen waren gebräuchlich in jenen Zeiten, da man die Erze ausschließlich unter Verwendung von Holzkohlen zum Schmelzen brachte. Diese geben verhältnismäßig wenig Schlacke; es war noch möglich, solche, wie das Eisen, im Ofen anzusammeln und man hatte nur darauf zu sehen, daß von Zeit zu Zeit die flüssigen Massen abgeleitet wurden.

Mit der Anwendung des Koks als Brennmaterial wuchs aber die Menge der gebildeten Schlacke sehr beträchtlich, sie ward so groß, daß man auf einen beständigen Abfluß derselben Bedacht nehmen mußte. Man brachte deswegen an dem unteren Teile des Gestelles über der Höhe, bis zu welcher sich das geschmolzene Eisen sammelte, eine schlitzartige Oeffnung zu diesem Zwecke an. Die flüssige Schlacke konnte jetzt ohne Unterbruch austreten und das Eisen wurde noch wie vorher zeitweise abgelassen. Immerhin war darauf Bedacht zu nehmen, daß dies Ablassen auch rechtzeitig erfolgte, damit nicht Eisen und Schlacke gleichzeitig bei dem Schlitz zum Austritt gelangten. Auf diese Weise entstand die zweite Ofenart, der Ofen mit offener Brust oder der Sumpfofen. Wird bei diesem der Eisenkasten nach außen zu erweitert, so bildet sich ein Behälter, der Herd oder Vorherd, in welchem flüssiges Eisen und flüssige Schlacke steht, und von hieraus zeitweise abgelassen werden oder beziehungsweise frei ausfließen kann.

Zweck des Herdes ist, dem Ofen in jeder beliebigen Zeit, mittels der Gießkelle für die Stückgießerei geschmolzenes Eisen entnehmen zu können.

Diese Bequemlichkeit wird indessen schwer bezahlt durch den Umstand, daß ein sehr großer Wärmeverlust durch den Vorherd bedingt ist. In Fällen, bei welchen man denselben aus Zweckmäßigkeitsgründen nicht gerne aufgeben will, läßt sich die Anordnung mit Vorteil derart treffen, daß man den Blauofen durch eine Rinne mit einem seitwärts gelegenen, nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Gestelle stehenden Behälter, in Verbindung bringt. In diesen läßt sich das Eisen einführen und zum Guß benutzen. — Die **Fig. 4** und **5** erläutern das Gesagte. **Fig. 4** ist der Sumpfofen oder der Ofen mit offener Brust und Herd; **Fig. 5** ist der Blauofen oder der Ofen mit geschlossener Brust.

In beiden Zeichnungen bedeutet a den Eisenabfluß, b den Schlackenabfluß, c die Oeffnung zur Einführung des Gebläsewindes; in **Fig. 4** ist d der Vorherd, e der Wallstein, d. h. der Stein, welcher den Herd an der Vorderseite abschließt und f der Tümpelstein, derjenige, welcher das Gestell nach oben begrenzt. Bei letzterem Ofen gelangt die Schlacke über den Wallstein durch eine eingehauene Rinne zum Abfluß und das Eisen kann sowohl ausgeschöpft wie auch zeitweilig abgelassen, abgestochen werden. Man hat wohl auch Oefen mit zwei Vorherden und einem seitwärts gelegten Schlackenabfluß erbaut oder den Wallstein auf der einen Seite nicht fest an den Herd gelegt, so daß hier ein Schlitz entstand, von welchem aus

die Ableitung erfolgen konnte. Alles dies bleibt indessen für die Sache selbst unwesentlich, konnte auch dem erwähnten Wärmeverlust nicht vorbeugen und erst in neuerer Zeit gelang es, auch für die Koksöfen eine zweckmäßige, d. h. eine, für den beständigen Abfluß der Schlacke dienliche Vorrichtung herzustellen.

Dieser Umstand, verbunden mit der Ueberzeugung, daß bei einem hinreichenden Hitzegrade, im Innern des Ofens kein Schlackenansatz sich bilden kann, derselbe also auch nicht etwa von außen entfernt werden müsse, war so ausschlaggebend zu gunsten des Blauofens, daß sich der Sumpfofen jetzt nur noch auf älteren Werken findet. — Die Einzelheiten der Vorrichtung für den Schlackenabfluß werden wir später kennen lernen und beschränken uns für jetzt darauf, in dem Nachstehenden einige Maßverhältnisse zu geben, wie solche bei bestehenden Oefen sich vorfanden oder abgeleitet werden können. **Fig. 2** ist einem rheinischen, **Fig. 3** einem belgischen Hochofen für Koksbetrieb entnommen und sind die Maße eingeschrieben.

Die Höhe eines Holzkohlenofens schwankt gewöhnlich zwischen 10 bis 15 m, diejenige eines Koksofens zwischen 18 — 20 m, obgleich solche schon bis zu 30 m aufgeführt wurden.

Bei der Abmessung von 15 Hochöfen ergaben sich als Mittel für die Größe der Einzelteile, wenn die Höhe des Ofens gleich H gesetzt wird, die nachfolgenden Zahlen:

Gestellhöhe	$= 1/8$ H,
Rasthöhe	$= 1/4$ H,
Schachthöhe	$= 2/3$ H,
Windeinströmung	$= 1/18$ H,
unterer Durchmesser des Gestelles	$= 1/12$ H,
oberer Durchmesser des Gestelles	$= 1/11$ H,
Durchmesser des Kohlensackes	$= 2/7$ H,
Durchmesser der Gichtöffnung	$= 1/5$ H.

Diese Zahlen weichen natürlich unter sich und in Bezug auf die einzelnen Oefen sehr voneinander ab. — Im allgemeinen läßt sich sagen, daß bei einem weiten Schacht der Brennstoff besser ausgenutzt wird, bei einem engern dagegen ein höherer Hitzegrad erzielt werden kann. Ein höherer Ofen wird bei gleichem Aufwand an Brennstoff das Erz besser vorbereiten als ein niederer, er wird deswegen, auf die Zeit berechnet, auch mehr geschmolzenes Eisen liefern. Ist die Höhe desselben aber zu bedeutend, so sind die Verbrennungsgase bei der Ausströmung schon kalt, auch teilweise umgewandelt, und die erwähnte Zerdrückung des Brennstoffes wird sich geltend machen. Der Wärmegrad wird ferner steigen mit der Verengerung des Schmelzraumes, doch muß dieser wiederum in richtigem Verhältnis zu den übrigen Teilen bleiben. Erfahrung bleibt auch hier der Lehrmeister.

Die Höhe des Schlackenablaufes richtet sich ganz nach der Menge des Eisens, welches man in dem Ofen für den jeweiligen Gebrauch bereit halten will, und muß daher so gewählt sein, daß dieses selbst nicht zum Abfluß gelangen kann. Ein Höhenunterschied von 6 — 8 cm genügt hierfür und die Einströmung für die Windöffnung wird alsdann wiederum etwa 25 cm über den Schlackenabfluß gelegt. Bei Oefen mit offener Brust beträgt die Schlitzhöhe, d. h. die Entfernung des Wallsteines von dem Tüm-

pel 30—60 cm. Die Größe des Herdes steht wiederum im Verhältnis zum jeweiligen Eisenverbrauch, er ist zumeist 1 Teil tief, 2 Teile breit und 3 Teile lang. Genannte Zahlen erleiden jedoch mannigfache Abänderungen, je nach den bestehenden Verhältnissen. Die Stärke des Bodensteines, d. h. des Steines, auf welchem das Gestell errichtet ist, beträgt 0,80—1,00 m.

Auf eine sehr genaue und kunstgerechte bauliche Ausführung des Hochofens ist natürlich die peinlichste Sorgfalt zu verwenden. Der räumliche Inhalt eines solchen beträgt von 75—400 m^3 und es ergibt sich mit der Füllung und je nach der Bauart für einen jeden Raummeter ein Gewicht von $1\frac{1}{2}$—2 Tonnen. Dies Gesamtgewicht pflanzt sich nach der Grundfläche fort, diese belastet den Boden ganz außerordentlich und es ist deswegen genannter Umstand bei allen Berechnungen genügend zu berücksichtigen.

Das Fundament des Hochofens wird am besten auf Felsboden oder eine starke Schicht von Beton gelegt und es werden hierin zur Abhaltung der Feuchtigkeit noch Luftkanäle angebracht. — Auf das Fundament baut sich der tonnenförmige Schmelzraum, bestehend aus einem innern Teile dem Futter, Kernschacht oder Kernfutter und dem äußern Teile, dem Mantel. Das Futter, 30—45 cm stark, besteht aus Backsteinen von der größtmöglichen Feuerbeständigkeit, verlegt mit einem vorzüglichen feuerfesten Bindemittel. Es ist wieder umgeben von einem zweiten Futter aus guten, hartgebrannten Backsteinen von 25—30 cm Stärke. Der Mantel kann aus einem gut mit Eisen verankerten Rauhgemäuer bestehen, zu welchem nur dichte, feste, nicht verwitterbare Steine angewendet werden dürfen, oder er ist aus Eisen gefertigt. Im letzteren Falle sind dies gußeiserne Ringe, die zusammengeschraubt oder wie es am häufigsten vorkommt, Bleche von 10—15 mm Stärke, welche zusammengenietet und durch darüber gelegte Reifen aus Walzeisen verstärkt werden. — Um die bei dem Betriebsbeginn durch die große Hitze hervorgebrachte Ausdehnung des Gemäuers zu gestatten, ist zwischen dem ersten und dem zweiten Futter und, wenn ein Blechmantel vorhanden, wiederum auch zwischen diesem und dem zweiten Futter ein Raum von 8—10 cm Breite ausgespart und mit schlechten Wärmeleitern, Ziegelstücken, Schlacke, Sand, Asche rc., ausgefüllt. Im letzteren Falle entstehen somit fünf nicht miteinander verbundene Umhüllungen des Innenraumes. — Bei den neueren Oefen hat man mit Recht darauf Bedacht genommen, daß jene Teile, welche dem Feuer am meisten ausgesetzt sind und daher sehr bald zerstört werden, sich rasch, ohne bedeutende Kosten und ohne großen Zeitverlust wiederum ausbessern oder ganz erneuern lassen. Das gilt namentlich in Bezug auf das Gestell. Während dieses bei der früheren Anordnung mit dem Ofen selbst in engster Verbindung war, **Fig. 4**, wird jetzt der Mantel nebst einem Teile des Kernschachtes von einer ringförmigen Gußplatte getragen, welche durch etwa 3 m hohe eiserne Säulen unterstützt wird, **Fig. 5**. Durch diese Bauart kommt das Gestell ganz frei zu stehen, es kann teilweise ausgebrochen und erneuert werden, ohne daß das darüber befindliche Mauerwerk abgetragen werden müßte. Da in dem Gestelle selbst die größte Wärmeentwickelung stattfindet, so muß dies ganz besonders vor einer zu großen, namentlich ungleichförmigen Ausdehnung geschützt werden, und man umgibt es zu diesem Zwecke mit großen, schweren Reifen aus Walzeisen. Die Reifen sind in einzelnen Teilen gefertigt und diese wiederum durch Stellschrauben miteinander verbunden, so daß man der fortschreitenden Ausdehnung folgen kann. Je nach Art des Mantels

und der Anordnung des Gestelles unterscheidet man die Hochöfen auch in Bezug auf die äußere Gestalt:

1. Die belgische Art, mit einem Mantel aus Rauhgemäuer und eng eingebautem Gestell wie **Fig. 4.**

2. Die schottische Art, mit einem Mantel aus Eisen und einem freistehenden Gestell wie **Fig. 5.**

3. Die belgisch-schottische Art, mit einem Mantel aus Rauhgemäuer und freistehendem Gestell.

Auf den größern Hüttenwerken sind zumeist mehrere Oefen nebeneinander gestellt und durch eine gemeinschaftliche Brücke an der Gicht und durch einen gemeinschaftlichen Aufzug für die Rohstoffe miteinander verbunden. Die Anlage eines Schmelzofens erfordert einen geräumigen Platz, welcher Gelegenheit bieten soll, die Schlacken leicht ablagern zu können und dabei zur Ersparnis an Frachtkosten für die Verbringung der großen Massen von Rohstoffen, in möglichster Nähe der Kohlen- und Erzgruben liegen soll. Um die für den Betrieb der vielfachen Hilfseinrichtungen wie Gebläse, Gichtaufzug, Pochwerke 2c. nötig werdende Kraft zu gewinnen, sollte ein geeigneter Wasserlauf vorhanden sein, weil es stets eine große Ersparnis bietet, wenn hierzu nicht besondere Anlagen für Dampfbeschaffung erforderlich werden.

Die Erzeugung an Roheisen ist, nach Größe und Gestalt des Ofens, sehr verschieden und schwankt zwischen 15 und 120 Tonnen auf 24 Stunden.

3. Einzelteile des Schmelzofens.

Mannigfache Hilfsvorrichtungen sind bei der Schmelzung der Erze zu dem erfolgreichen Betriebe des Ofens nötig. Wir erwähnen:

A. Das Gebläse.

Zur Verbrennung der Kohle ist atmosphärische Luft nötig, allein aus schon angegebenen Gründen muß dieselbe in größerer Menge beigeführt werden und dies geschieht durch das Gebläse.

Während bei den ältesten Schmelzvorrichtungen diese Zuführung nur durch den natürlichen Zug bewirkt ward, ging man bei den späteren dazu über, die Luft in Behältern aufzufangen, zusammenzupressen und in Röhren nach der Verbrauchsstelle zu leiten. Alle Vorrichtungen, welche zu diesem Behufe dienen, sind *Gebläse*. Die Oeffnung, durch welche die Luft in den bestimmten Raum eintritt, heißt die *Form-*, *Gebläse-* oder auch *Wind-Oeffnung*, das metallene Futter derselben die *Gebläse-* oder *Wind-Form*, die Röhre, welche den gepreßten Wind in den Ofen führt, die *Düse* und die Mündung dieser Röhre das *Düsenmaul* oder das *Düsenauge*.

Die Gesamteinrichtung für die Windzuführung, d. h. Oeffnung und Futter wird wohl auch im allgemeinen *Windform* benannt.

Der Luftbedarf für einen Hochofen richtet sich nach der Menge und nach der Natur des verbrennenden Kohlenstoffes, welcher der Erzmenge an-

gepaßt sein muß; ferner nach der Eigenart der Erze, nach dem Wärmegrad und nach dem Feuchtigkeitsgehalt der eingesaugten Luft. Für die Menge des gelieferten Windes ist bestimmend: die Pressung, die Geschwindigkeit der Strömung desselben und die Weite des Düsenmaules.

Der Behälter für die aufzusaugende Luft war in der ältesten Zeit die zusammengenähte Tierhaut, später ward diese gegerbt zu Leder und es entstanden die Blasebälge. Nur solche sind es auch, welche man in dem schon genannten Werke von Agricola abgebildet sieht. — Der schnellen Abnutzung des Leders wegen wendete man alsdann hölzerne Kasten an, welche beweglich waren und gegen einen feststehenden Boden gepreßt wurden; der großen Reibung und der geringen Nutzleistung halber ersetzte man wiederum den feststehenden Boden durch eine Wasserfläche, bis man die ganze Anordnung umkehrte und den Kasten unbeweglich, die Wand aber beweglich machte. Auf diese Art entstanden die viereckigen oder Kasten- und die runden oder Cylindergebläse, je nach der äußeren Form des Windkastens. Mit der Einführung des schwer entzündlichen Koks wurde eine erhöhte Anforderung an das Gebläse gestellt, man beseitigte das Holz gänzlich, fertigte alle Teile aus Eisen, benutzte zur Bewegung des Kolbens Wasser- oder Dampfkraft und es bildeten sich die Gebläse, wie sie jetzt im Gebrauche sind.

Man wendet heutzutage nur Cylindergebläse und zwar meistens die doppelt wirkenden an; solche Gebläse saugen und pressen die Luft sowohl bei dem Auf- wie bei dem Niedergang oder Hin- und Hergang des Kolbens, und sind daher sehr wirksam. Auch dieser Teil des Eisenhüttenwesens hat seine eigene Geschichte und es ist ganz lehrreich, den Entwickelungsgang der Blasevorrichtungen zu verfolgen. Ein neueres Cylindergebläse, **Fig. 6**, besteht aus einem Gußeisencylinder A mit vier Oeffnungen a, b, c, d, welche mit Ventilklappen versehen sind und sich alle in einer Richtung bewegen können. Zwei dieser Ventilöffnungen stehen mit der Außenluft, zwei mit dem Windsammelkasten B, in welchem die gepreßte Luft sich befindet, in Verbindung. Bei dem Auf- und Niedergang des Kolbens werden durch den verschiedenen Druck jeweilig in dem oberen oder unteren Teile des Cylinders die über Kreuz stehenden Ventile a und d oder b und c geöffnet, um die Außenluft zu saugen und die Preßluft weiter zu geben. Aus dem Windsammler B wird letztere durch die Röhre e nach dem Ofen geführt. Je nachdem der Luftcylinder stehend oder liegend angeordnet ist, unterscheidet man auch diese zwei Hauptarten von Cylindergebläsen.

Für den Wirkungsgrad derselben ist maßgebend: der Querschnitt des Cylinders und die Kolbengeschwindigkeit.

Der Durchmesser des Cylinders geht von 2—3 m und darüber.

Der Bedarf an Wind ist verschieden nach der Bauart der Oefen und der Natur der Rohstoffe.

Bei Holzkohlen und Koks rechnet man bei kalter Luft auf 1 kg je 7,5 m^3 und $^1/_4$ weniger, wenn die Luft gewärmt ist.

B. Der Regulator.

Der Wind geht aus dem Cylinder nur stoßweise, und um hier eine Ausgleichung zu bewirken, ist es nötig, besondere Vorrichtungen, die **Windregulatoren**, anzubringen. Das sind Räume etwa 25 — 30 mal so groß als der Cylinder, versehen mit einer Ein- und Ausströmung für den gepreßten Wind. Die Räume sind entweder gemauert, oder aber zumeist aus Eisen erstellt, auch hat man hierzu bewegliche Glocken aus Schmiedeeisen, welche auf Wasser schwimmen. Letztere Vorrichtungen sind indessen nicht so empfehlenswert, weil der Wind stets feucht wird und dadurch einen größeren Aufwand an Brennstoff veranlaßt. Mehrere zweckmäßig gekuppelte Gebläse oder lange und dabei weite Rohrleitungen für den Preßwind können die Regulatoren auch wohl entbehrlich machen.

C. Die Windleitung.

Von dem Regulator oder wo dieser nicht besteht, von dem Windkasten aus, wird die Luft durch genietete Eisenblechröhren oder zumeist durch Gußröhren nach dem Ofen geleitet. Der Reibung wegen sind alle scharfen Biegungen soviel als möglich zu vermeiden, alle Verbindungen sollen vollkommen dicht sein, und da, wo erhitzter Gebläsewind zur Anwendung kommt, müssen überdies, sämtliche Rohre noch mit einem nicht verbrennbaren Wärmeschutzmittel umkleidet, oder im Innern mit Ziegelsteine ausgefüttert sein.

Die Hauptleitungsröhre, in den Boden versenkt, oder in einer Höhe, die für die Arbeitenden an dem Ofengestell nicht unbequem ist, aufgehängt, hat einen Durchmesser von 0,25 — 0,40 cm und legt sich z. B. bei großen Oefen zu 7/8 Teilen eines Kreises um das Gestell **Fig. 7a** und **7b**. Von der Hauptröhre, in welcher sich der Wind mit einer Geschwindigkeit von 2 — 2 1/2 m in der Sekunde bewegt, zweigen sieben Nebenröhren, die **Windständer** oder **Düsenständer**, von etwa 0,25 — 0,30 cm Durchmesser ab und gehen durch die Formöffnung in den Ofen. Der achte Teil des Grundrisses bleibt frei, für den Schlacken- und den Eisenabstich. — Die Düse wird durch die Formöffnung, welche mit der Gebläseform ausgefüttert ist, in den Ofen eingeführt. Die Gebläseform war früher meist aus Thon oder Bronze hergestellt und bildete einen Hohlkegel, der mit dem unteren Teil, nach einer späteren Anordnung, behufs der Abkühlung, auf einem von Wasser durchströmten Blechkasten ruhte. Jetzt wendet man allgemein als Formfutter einen doppelwandigen, geschlossenen Kegel aus Bronze an, der durch einen beständig durchlaufenden Strahl kalten Wassers abgekühlt wird, **Fig. 7b.** Die Windströmung der Hauptleitung und diejenige der Abzweigungen werden durch Schieber oder Ventile geregelt. Die Düse selbst liegt frei in dem Futter und kann durch eine Schraubenvorrichtung vor- und rückwärts bewegt oder auch ganz ausgezogen werden. Der Raum zwischen Formöffnung, Futter und Düse wird zumeist mit Thon verstopft oder sonst auf passende Weise geschlossen. — Die beschriebene Anordnung mit Wasserkühlung hat den Vorzug, daß Futter und Düsenmaul 8 — 10 cm in den Ofen hineinragen können und jedem Verlust des Windes, durch ein Zurückprallen, hierdurch begegnet ist. — Der Düsenständer hat an seinem äußeren Ende eine

kleine mit Glas oder Glimmer verschlossene Oeffnung g, **Fig. 7a**, das **Spähloch**, um das Innere des Ofens beobachten zu können. — Die Zahl der Windformen geht von 3—7 und bei dem größten Ofen bis zu 9; der Durchmesser des Düsenauges von 3—8 cm, die Windform liegt 0,70 bis 1,10 m über dem Bodenstein.

Um die Windformen herrscht stets die größte Hitze und es findet daher auch hier die größte Abnutzung des Ofengestelles statt. Um dieser zu begegnen, werden daher an der äußeren Hälfte des Gestelles gußeiserne Kühlkasten d angebracht, in welche beständig kaltes Wasser einströmt und alsdann gewärmt abfließt. (In Fig. 7a ersichtlich.) Solche Kühlkasten haben im weiteren den Vorteil, daß bei etwa nötig werdenden Ausbesserungen immer einzelne Stellen vorhanden bleiben, welche nicht zerstört sind, und infolgedessen für den Einbau von neuen Mauerstücken den nötigen Halt abgeben können. Eine beständige Berieselung des Ofengestelles mit Wasser wurde wohl auch schon versucht, indessen nicht zweckentsprechend gefunden.

D. Winderhitzungsvorrichtungen.

Schon 1799 durch **Seddler** und später im Jahre 1822, wurde von dem Nürnberger **Leuchs** vorgeschlagen, die Gebläseluft zu erwärmen, da auf diese Weise eine gewisse Wärmemenge nicht erst in dem Ofen erzeugt, sondern demselben schon fertig zugeführt würde; **Nilson** nahm hierfür 1828 ein Patent. Erst 1829 folgte man dieser Anregung, erwärmte den Wind zuerst auf einer Hütte in Glasgow und fast gleichzeitig in dem Wasseralfinger Hüttenwerke. Für diese Vorwärmung kann ganz geringwertiger Brennstoff benutzt werden und es ergibt sich somit hierin schon eine Ersparnis, eine weitere aber liegt in der schnelleren und vermehrten Erzeugung an Eisen. Diese Thatsache ist vorhanden, aber wissenschaftlich noch keineswegs in allen ihren Teilen vollkommen aufgeklärt, da die mittelbar zugeführte Wärmemenge der Rechnung nach durchaus nicht der schnelleren und erhöhten Eisenausbeutung entspricht, sondern letztere bedeutend größer ist. Sicher ist, daß die Kohle in heißer Luft besser brennt, weil diese leichter in die Zwischenräume der Kohle eindringt, es steigen deshalb auch weniger brennbare Gase zur Gicht auf.

Die Erwärmung des Windes kann auf zwei verschiedene Arten geschehen, entweder unmittelbar oder auf Umwegen. Bei der ersten und älteren Art begnügte man sich damit, eine Anzahl von Blechröhren, wagerecht und senkrecht übereinander liegend und durch Bogenstücke miteinander verbunden, der unmittelbaren Wirkung eines Rostfeuers auszusetzen.

Die Röhren, 12—30 Stück von 1,50—3,00 m Länge, geordnet in 3—5 Lagen, waren in einer feuerfesten Kammer eingemauert, die gepreßte Luft trat an der höchsten Rohrstelle ein und zog an der tiefsten Stelle, wo auch das Feuer war, ab, um nach dem Hochofen zu gehen; dies die Wasseralfinger Einrichtung, welche bald verschiedene Abänderungen nach Zahl, Größe, Lage und Form der Röhren fand. Es entstanden hiernach der schottische, **Colder**sche oder Hosen-Apparat, der Pistolen-Apparat 2c.

Die Erwärmung der Luft war hier durch die Dauerhaftigkeit der gußeisernen Röhren bedingt, durfte daher nicht viel über 400° betragen und führte bald zu dem Gedanken, einen feuerbeständigeren Stoff, den gebrann-

ten Thon, anzuwenden. Eine Aenderung, d. h. die nicht unmittelbare Heizung, führte Cowper in diesem Sinne durch. Mittels eines Rostfeuers ward eine Kammer A, **Fig.** 8, welche gitterartig mit feuerfesten Steinen ausgefüllt war, erhitzt; die Feuergase zogen von dem Rost a nach dem oberen Teile der Kammer in eine Esse B, gaben dabei ihre Wärme ab und die Füllung ward glühend. War dies geschehen, so wurde die Esse sowohl wie die Thüre C, luftdicht verschlossen, die kalte Luft durch eine Röhre b eingepreßt, bei dem Durchgange erwärmt und mittels einer zweiten Röhre c nach dem Ofen geleitet. Zu- und Ableitungsröhren der Luft sind natürlich während der Heizung geschlossen. Solcher Apparate waren stets zwei nötig; während der eine geheizt wurde, wärmte der andere die Gebläseluft und eine geeignete Schiebervorrichtung ermöglichte den Wechsel.

Ein erheblicher Fortschritt in den Einrichtungen für die Erwärmung der Gebläseluft ist dem Engländer Thomas Whitwell zu verdanken. Schon seit 1837 in Deutschland und seit 1865 in England benutzte man die Hochofengase zur Feuerung für hüttenmännische Zwecke und Whitwell war es, der dieselben für die Winderhitzungsvorrichtung nutzbar machte. Der Grundgedanke ist derselbe wie bei Cowper, nur wurde die Rostfeuerung beseitigt, und dafür die Gichtgase zugeleitet, welche mit Luft vermischt in der Kammer verbrennen. Auf den meisten Hüttenwerken sind diese Whitwell-Apparate jetzt in Anwendung, und davon gewöhnlich zwei Paare, somit vier Stück aufgestellt. Ein Paar wird erhitzt, während das andere Paar die Luft erwärmt. Um den Wind möglichst gleichmäßig warm einzuliefern, werden die zusammengehörigen Apparate nicht miteinander umgestellt, sondern abwechselnd und in gleichen Zeiträumen.

Der Gedanke, welcher bei der Aufstellung der Apparate maßgebend ist, wird erläutert durch **Fig. 9, Taf. II.**

Zur Einführung und Verteilung der Gichtgase und der kalten Gebläseluft dienen zwei Röhren D und C, zum Abzug der Rauchgase und der erhitzten Luft zwei andere B und A. Jede der Kammern 1, 2, 3 und 4, ist mit den Hauptröhren durch mit Abschlußschiebern versehene Zweigleitungen a, b, c, d zusammengehängt, wodurch eine entsprechende Verbindung hergestellt oder aufgehoben werden kann. E ist die Esse, F das Gebläse und G der Ofen, e bezeichnet die Stelle, an welcher die atmosphärische Luft in den Verbrennungsraum eintritt. — Der Zug der Esse muß genau geregelt sein, damit die Gichtgase nicht etwa bis hierher angesaugt werden und mit der Luft gemischt in der Esse zur Verbrennung gelangen können. Kammer 1 und 3 wird angewärmt und Kammer 2 und 4 entwärmt.

Dieses Spiel dauert etwa eine Stunde und der Wechsel für den Wärmer 1 und den Entwärmer 2 erfolgt nach dieser Zeit, während 3 und 4 in dem dazwischen liegenden Zeitraum umgestellt wird. Oft auch werden gleichzeitig 3 Kammern erhitzt und nur eine entwärmt, was alles durch die Schieberstellung zu erreichen ist.

Diese Apparate haben im Laufe der Zeit eine große Vervollkommnung erlangt und leisten Vorzügliches. Die Kammern sind aus Eisenblech erstellt, luftdicht vernietet und statt der gitterartig gestellten Steine für die Füllung, mit entsprechenden gemauerten Kanälen für die Luftleitung versehen.

Sie haben, bei einem Durchmesser von 4,50 — 6,50 m, eine Höhe von 8,0 — 15,0 m und liefern den Wind bis auf 750° erwärmt. Zur Entfernung des Gichtstaubes und Rußes sind in den Kammern zugängliche Putz-

öffnungen angebracht; da die Ablagerung von Gichtstaub und Flugasche sehr groß ist.

Die Leitungsröhren für den erhitzten Wind werden mit feuerfesten Steinen ausgemauert, um die Wärmestrahlung zu verhindern. Ebenso müssen in der Leitung für die Gichtgase besondere Ventilklappen angebracht werden, die sich selbständig öffnen, wenn der Druck im Innern steigt. Es kann nämlich vorkommen, daß durch einen Zufall die äußere Luft eindringt und mit den Hochofengasen gemischt, sich unter Knall entzündet. In diesem Falle würde die Rohrleitung zertrümmert werden, wenn sich die alsdann ausgedehnte Luft nicht durch die erwähnten Explosionsklappen einen Ausweg verschaffen könnte.

Die Vorteile bei der Anwendung des heißen Gebläsewindes bestehen in einer Steigerung der Eisenerzeugung bis zu 40 Prozent, veranlaßt durch ein reineres Ausschmelzen bei einem gleichen Kohlenverbrauch, einem geringeren Verbrauch an Zuschlägen, einem regelmäßigen Schmelzgange und der vorteilhaftesten Verwertung der Hochofengase.

Der Anwendung des heißen Windes sind die Fortschritte, welche der Hochofenbetrieb in den letzten Jahren machte, größtenteils zu danken und durch das Heißblasen können auch gewisse Sorten Steinkohlen (Anthracite) in günstigster Weise verbraucht werden. Ueber die Güte des heißerblasenen Eisens, sowie überhaupt in betreff des Heißblasens ist das Urteil noch nicht abgeschlossen. Einige Werke, besonders solche mit Holzkohlenbetrieb, blasen daher noch heute mit kalter Luft, andere erwärmen dieselbe nur sehr mäßig. Eine Regel für den passenden Hitzegrad besteht nicht; die Erwärmung des Windes findet darin ihre Grenze, daß eine gewisse Menge Brennstoff in dem Ofen vorhanden sein muß, um die Reduzierung der Erze und die Kohlung des Eisens bewirken zu können. Im andern Falle wäre man hierin wohl auch noch weiter gegangen.

Mit Bezug auf die Verwendung der Gichtgase an sich, erwähnen wir, daß der Franzose Aubertot 1814, dieselben zuerst benutzte und zwar zum Brennen von Kalk und Ziegeln. Sire zu Clerval nahm 1836 ein Patent auf Anwendung derselben zum Frischen von Eisen und im Jahre 1837 benutzte der württembergische Oberbergrat Faber du Faure, auf dem Hüttenwerke zu Wasseralfingen solche zum Zwecke des Eisenpuddelns. — Von hier aus wurde die Sache erst bekannt und verbreitet. — Um sich von dem Gange des Hochofens unabhängig zu stellen, erbaute Faber 1842 einzig zum Zwecke der Gasbeschaffung einen besonderen kleinen Schachtofen, in welchem keine Schmelzung vorgenommen, sondern nur ein geringwertiger Brennstoff in Gas umgesetzt wurde und dieser Gaserzeuger auch Generator genannt, muß als der erste solcher Apparate angesehen werden. Seit dieser Zeit werden Generatorgase vielfach zu hüttenmännischen Zwecken verwendet, hauptsächlich aber da, wo es sich um Beschaffung eines hohen und dabei gleichmäßigen Wärmegrades handelt, während die Gichtgase zur Erzeugung von minder hohen Hitzegraden vorteilhaft dienen, weil hier eine kleine Unregelmäßigkeit keinen Schaden bringen kann.

E. Gasfang und Fülltrichter.

Wir haben unter dem Abschnitt: „Schmelzgang des Ofens" bereits erwähnt, daß die aufsteigenden Gichtgase etwa 25 Prozent Kohlenoxydgas enthalten, welches brennbar ist und somit eine recht erhebliche Wärmequelle bietet.

Im vorhergehenden Abschnitt wurde deren Verwendung für die Erhitzung des Gebläsewindes erwähnt und es genügt, noch hier anzuführen, daß solche Gichtgase auch zum Brennen des Zuschlagkalkes, zum Rösten der Eisensteine, zur Kesselheizung zum Trocknen der Brennstoffe ꝛc. benutzt werden. Für alle diese Zwecke müssen die Gase indessen auf eine geeignete Weise aufgefangen werden, um sie weiter leiten zu können. Das geschieht nun am zweckmäßigsten an der Gichtmündung und diejenige Vorkehrung, welche das Auffangen möglich macht, heißt Gasfang oder Gichthut. Soll ein solcher in Anwendung kommen, so muß die Gichtmündung selbstverständlich luftdicht geschlossen werden und es muß Gelegenheit gegeben sein, die Beschickung in den Ofen einzufüllen, ohne daß ein großer Teil des Gases entweichen kann.

Der Gasfang hat daher im allgemeinen diesen zwei Anforderungen zu entsprechen, und daneben im besonderen noch einigen Bedingungen zu genügen, welche wir bei der Beschreibung der Betriebsarbeiten werden kennen lernen.

Eine der einfachsten Vorrichtungen dieser Art ist der nach seinem Erfinder benannte Parry-Trichter **Fig. 10**, ein Trichter a von Eisenblech, der durch einen eben solchen beweglichen Kegel b geschlossen wird. Die Beschickung wird in a eingeschüttet, schließt die Fugen, fällt bei dem Senken des Kegels in den Ofen derart, daß das Erz klein nach dem Rande rollt, die schweren Stücke aber senkrecht von dem Kegelrand abfallen und daher mehr in der Mitte bleiben.

Der Kegel wird durch ein Gegengewicht bewegt und das Gas seitlich durch die Röhren c und d abgeleitet. Parry hat später diese Vorrichtung derart abgeändert, daß er den Kegel hohl fertigte und an dem Ende desselben eine Röhre zur Gasableitung anbrachte. Ein Wasserschluß ermöglichte die Bewegung des Kegels, ohne daß die Verbindung mit der feststehenden Ableitungsröhre unterbrochen wurde. Eine andere und einfachere Anordnung nach Hof ist in **Fig. 11** dargestellt. Die in der Mitte der Gicht befindliche Ableitungsröhre b steht fest und es sind nur vier oder mehr mit Wasserverschluß gedichtete Klappen a vorhanden, welche aufgehoben werden müssen um die Beschickung zu bewerkstelligen. Das Erzklein lagert sich hier an der Umfangswand des Ofens, während die groben Stücke nach der Mitte zu rollen.

Die Ableitungsröhre für die Gichtgase hat gewöhnlich einen Durchmesser von 40—80 cm und muß noch mit einer besonderen Vorkehrung versehen sein, damit die mitgerissene Flugasche, sowie der Gichtstaub sich ablagern können und nicht in die Heizkammern übergeführt werden.

Die **Fig. 12** zeigt eine derartige Anordnung. Die Staubteile fallen in einen Kanal c mit fließendem Wasser und werden zeitweise ausgeschöpft; die gereinigte Luft geht durch das Rohr d nach den Heizkammern. Der erweiterte Raum e hat den Zweck die Geschwindigkeit der Bewegung der

Gichtgase zu mindern und dadurch eine Ablagerung der Staubteile zu bewirken. Eine zweckmäßige Ableitung der Rauchgase geschieht auch durch die sogenannte Ilseder Anordnung (Ofen in Ilsede), erbaut von Büttgenbach.

Die Gase werden über der Gicht in der Mitte von einem Hauptrohr und an dem Umfange des Schachtes von mehreren Nebenröhren aufgefangen und seitlich in gußeiserne Röhren geleitet, welche an der Stelle von Säulen die den Ofen umgebende Gichtbrücke tragen. Die Hauptabzugsröhre hat alsdann etwa einen Querschnitt von $1/3$ der Gichtfläche und ragt 1,50 bis 2,00 m in den Schacht, während die Nebenröhren einen geringeren Durchmesser haben und nur wenig in den Ofen tauchen, um die Gase zu zwingen, mehr nach der Mitte zu gehen.

F. Schlackenform.

In den wenigen Fällen, wo noch Oefen mit offener Brust bestehen, die Schlacken also über dem Wallstein abziehen können, wird es nicht nötig, hierfür weitere besondere Vorkehrungen zu treffen, wohl aber ist dies bei den Oefen mit geschlossener Brust der Fall. Diese werden jetzt allgemein auf einen ununterbrochenen Schlackenabfluß eingerichtet, und solches wird auf eine vorzügliche Weise erreicht durch die, nach ihrem Erfinder benannte Lürmannsche Schlackenform. Die Vorrichtung gleicht vollständig dem Futter der Windform, sie ist wie diese ein hohler Kegel aus Bronze mit Wasserkühlung, und je nach der größeren oder geringeren Zähigkeit der Schlacke von einem Durchmesser von 25—50 mm an der engsten Stelle. Erst durch die Lürmannsche Form war es möglich geworden, mit Vorteil den Blauofen einzuführen und mancher harte Kampf wurde durchgeführt, bis mit den hergebrachten Vorurteilen gebrochen war. — Wie sehr aber ein guter und einfacher Gedanke dem Allgemeinen nützen kann, zeigt sich in dem Umstande, daß unter sonst gleichen Verhältnissen bei Anwendung der Lürmannschen Form gegenüber dem Ofen mit offener Brust 10—30 Prozent Mehrausbeute an Eisen gewonnen, 5—10 Prozent Ersparnis an Brennstoff und $1/3$ an Arbeitern erlangt werden kann; alles nur dadurch, daß die Wärme gut zusammengehalten wird und der Schmelzgang hierdurch gleichmäßig verläuft. — Solchen Vorteilen gegenüber konnte man sich natürlich nicht ablehnend verhalten und jetzt ist diese Einrichtung allgemein eingeführt.

G. Gichtaufzug und Gichtbrücke.

Für die bedeutenden Massen von Rohstoffen, welche bei einem Hochofenbetrieb zu bewältigen sind, erscheinen in erster Linie zweckmäßige Einrichtungen für deren Verbringung geboten. Wo es die Oertlichkeit erlaubt, sucht man die ankommende Ware daher unmittelbar und ohne alles Umladen an Ort und Stelle zu bringen. Aeltere Hochöfen, denen die Rohstoffe noch durch Pferdefuhrwerk zugeführt wurden, waren daher zumeist an einen Hügel angebaut, auf welchem das Möllerhaus lag und von diesem aus wurde die Beschickung auf einem Wege mit geringem Gefälle, mittels der Gichtwagen in den Ofen befördert. Mit der Entstehung der Bahnen sah man sich indessen bald gezwungen, der Höhe und der Richtung des Schie-

nenweges zu folgen und hierdurch wurde es oft nötig, die Beschickung aus der Ebene nach der Gichtmündung zu heben.

Bei gut eingerichteten Werken laufen daher die Gichtwagen aus dem Möllerhause auf Schienen bis zu einer schiefen Ebene oder einem Gichtaufzug, um von hier aus nach oben befördert zu werden. Der obere Teil des Ofens ist von einer Ebene, der Gichtbrücke, umgeben und diese dient dazu die Gichtwagen aufzunehmen, um deren Inhalt bequem in den Ofen stürzen zu können.

Da, wo mehrere Oefen nebeneinander stehen, sind dieselben durch eine gemeinschaftliche Gichtbrücke miteinander verbunden und gewöhnlich je zu zwei durch einen Aufzug bedient. — Der Gichtaufzug hat im wesentlichen die Einrichtung wie die Fördervorrichtung für die Erze, und ist ein weiteres hierüber nicht mehr zu sagen. Steht Wasser zur Verfügung, d. h. kann solches von einem höher gelegenen Orte als es die Gichtbrücke ist, beschafft werden, so wird gewöhnlich dieses als bewegende Kraft verwendet; die Anordnung gleicht alsdann ganz den Aufzügen, wie sie jetzt häufig in Gasthöfen und Fabriken vorkommen.

Oft auch wird das Wasser nur als Gegengewicht benutzt, es fließt in einen Wasserkasten, der durch sein Gewicht Bühne und Fördergefäße zu heben vermag, wie das ähnlich bei Bergbahnen vorkömmt.

Zur sicheren Führung der Bühne, auf welcher die Gichtwagen stehen, wird stets eine besondere Vorkehrung nötig und diese besteht zumeist in einem turmartigen Baue aus Eisengitterwerk. Eine weitere Beschreibung derartiger Anlagen gehört der Maschinenkunde an; es bleibt stets eine Hauptsache, das durch örtliche Verhältnisse Gebotene auf eine zweckmäßige Weise auszunutzen, weil hierdurch große und dauernde Ersparnisse ermöglicht werden.

Die obere Fläche des Ofens, das Plateau, ist zu klein, um ein bequemes Arbeiten zu gestatten, es muß daher verbreitert werden und der gewonnene Raum bildet die schon erwähnte Gichtbrücke. Hat der Ofen einen Mantel von Blech, so werden an diesen Eisenträger angenietet und da, wo die Umfassung in Mauerwerk erstellt ist, kommen zumeist auch Träger von Stein zur Anwendung.

Diese Träger werden mit Gußplatten überdeckt, das Ganze mit einem Schutzgeländer umgeben und somit eine balkonartige Verbreiterung gebildet.

4. Die Brennstoffe.

Für das Ausschmelzen der Eisenerze bedarf es geeigneter Brennstoffe, und kommen für den Betrieb des Hochofens hauptsächlich Steinkohle, Koks und Holzkohle zur Verwendung.

A. Steinkohlen

können nur bei einer gewissen Beschaffenheit mit Vorteil verwendet werden. Sind dieselben sehr fett, so bilden sich bei der Verbrennung viele Gase, die zu ihrer Entstehung Wärme bedürfen, welche also für die Schmelzung selbst verloren geht. Im weiteren führen sie sehr häufig Schwefelkies oder Gips mit sich, welcher Umstand auf das zu gewinnende Eisen einen üblen Einfluß übt. Es kann daher nur eine gasarme, magere Kohle, die frei von schäd-

lich wirkenden Bestandteilen ist, zum Ausschmelzen eine Verwendung finden, wie z. B. der in Schottland und Pennsylvanien vorkommende Anthracit. Dieser selbst erleidet im Feuer eine gewisse Veränderung, wird teilweise in dichten Koks umgewandelt und brennt alsdann langsamer ab. Naturgemäß wird dabei der Schmelzgang verzögert und damit die Eisenerzeugung verkleinert.

Um diesem Uebelstande zu begegnen, muß daher Querschnitt und Höhe des Ofens größer genommen werden, um in der gleichen Zeit die gleiche Menge von Eisen zu gewinnen, die bei Anwendung eines vorteilhafteren Brennstoffes zu erzielen wäre. Anthracit ist diejenige Kohlenart, welche am meisten von dem einfachen Stoff, der Kohle enthält, etwa 90—98 Prozent, er ist sehr dicht, verbrennt ohne Flamme und läßt sich nur sehr schwer entzünden. Infolgedessen muß auch für einen vermehrten Luftzutritt in dem Ofen gesorgt werden. Dies zusammengenommen sind Anforderungen, die sich wegen der Natur der vorkommenden Kohlen und Erze nur an hierfür besonders günstig gelegenen Orten erreichen lassen und es bleibt die Schmelzung der Erze daher auch nur auf diese Plätze beschränkt. Schmelzversuche mit Kohlen sind an Orten, wo diese Vorbedingungen mangelten, daher auch nicht vorteilhaft ausgefallen; neben einer geringen Sorte von Eisen, das gewonnen wurde, war der Aufwand an Brennmaterial stets zu groß.

Bei einem Eisengehalt des Erzes von 30—40 Prozent und einer Produktion von 17,5 und 11 Tonnen Roheisen in 24 Stunden, war der Verbrauch eines Hochofens für 1 Teil gewonnenen Roheisens:

an Steinkohlen	3,5	Teile,
an Anthracit	1,86	„

Wir bemerken noch hierbei, daß der Anthracitbetrieb schwieriger ist als jeder andere, er bedingt eine sehr große Aufmerksamkeit, stark gepreßten, stark geheizten und gut verteilten Wind.

Für den Hochofenbetrieb muß daher die gewöhnlich vorkommende Steinkohle eine gewisse Umwandlung erfahren, d. h. sie muß gasarm und schwefelfrei werden. Dies geschieht durch Glühen derselben bei beschränktem Luftzutritt, in welchem Falle sie also nicht zu einer eigentlichen Verbrennung gelangen kann. Die Steinkohle wird hierdurch verkohlt und entschwefelt und bildet in diesem Zustande den Koks.

1 Raummeter Steinkohlen wiegt etwa 900 kg.

B. Koks

ist dichter und fester als die Steinkohle und wird daher in dem Hochofen nicht so leicht durch die darüber stehende Masse zusammengedrückt als die letztere. — Es sind somit durch die Verkokung alle wünschbaren Vorzüge erreicht. — Die Verkokung selbst geschieht entweder in offenen Meilern oder in eigenen, feststehenden gemauerten Oefen, ähnlich denjenigen, die zum Kalkbrennen dienen.

Die Steinkohle gibt dabei den Gehalt an Wasser, Teer und Gasen ab und es bleibt der reine Kohlenstoff mit den nicht zu verflüchtigenden Erdarten zurück. — Diese können indessen immer noch auf den Schmelzgang einen ungünstigen Einfluß ausüben.

Viele Kohlenflötze sind nämlich mit Schiefer und Schwefelkies durchsetzt. Wenn nun der Schwefelgehalt auch zumeist bei der Verkokung mit den Dämpfen weggeht, so bleibt doch immer noch ein Teil zurück, sowie alle die Erdarten. Ersterer verunreinigt das Eisen; letztere vermehren die Schlacken. Um all diesen Uebelständen zu begegnen, hat man deswegen angefangen, die Kohlen durch eine geeignete Wasch- und Schlemmvorrichtung hiervon zu befreien.

Die schweren Schiefer und Kiese bleiben als Rückstände, während die leichtere Kohle durch das Wasser weggeschwemmt wird und nach dem Trocknen mit Vorteil verkokt werden kann.

Der Brennstoff wird hierdurch zwar teuer, aber auch weit reiner und es sind die gerügten Nachteile vermieden. Gewaschene Kohlen und Koks sind deswegen auch bereits Gegenstand des Handels und führen höchstens 4—6 Prozent Aschenbestandteile, während die nicht gewaschene Ware zumeist 6—8 Prozent davon enthält. — Bei den Koksöfen werden die abziehenden Gase entweder aufgefangen, um wiederum unter dem Rost als Brennstoff zu dienen, oder sie werden abgekühlt und man gewinnt, wie in der Leuchtgasbereitung, Teer und Ammoniakwasser zu anderweitigen Verwendungen. Letztere Art der Oefen ist in der neuesten Zeit sehr in Aufnahme gekommen, nachdem man gelernt hat, daß es möglich ist, diese Nebenerzeugnisse, gänzlich unbeschadet der Güte des Koks, zu sammeln. — Je nach der Größe und Anordnung des Ofens dauert das Verkoken 24—48 Stunden und das Erkalten in der Abkühlungskammer etwa die halbe Zeit.

Dem Gewicht nach erhält man von den Kohlen 64—70 Prozent an Koks. 1 Raummeter Koks wiegt etwa 420 kg.

Hüttenwerke, welche nahe an dem Fundort der Kohlen liegen, verkoken diese selbst, während die entfernteren Werke den Koks von den Kohlenzechen beziehen. Der Koksverbrauch bei dem Ausschmelzen der Erze ist verschieden, je nach der Natur derselben. Er wird im weiteren beeinflußt durch den Wärmegrad, die Feuchtigkeit und die Pressung des Gebläsewindes; durch die Menge der Zuschläge, die Größe der Rohstoffe, die Abmessungen des Ofens und den Aschengehalt der Brennstoffe.

Im Durchschnitt werden für einen Gewichtsteil des erblasenen Eisens 1,10—2,80 Teile Koks als Verbrauch angenommen. Der bei der Leuchtgasbereitung gewonnene Koks ist für die Zwecke der Ausschmelzung nicht benutzbar, da er nicht dicht genug und dabei sehr zerbrechlich ist.

C. Holzkohlen.

Vor den Steinkohlen haben die Holzkohlen den Vorzug, daß sie sehr gleichartig zusammengesetzt sind, sehr wenig fremde, d. h. durchaus keinerlei für das Eisen irgendwie schädliche Stoffe mit sich führen und infolgedessen auch nur etwa 3 Prozent nicht brennbare Bestandteile als Asche zurücklassen. Diese schätzbaren Eigenschaften machen die Holzkohlen daher ganz vorzüglich für den Schmelzgang geeignet. — Da indessen in den Hochöfen die Rohstoffe in dichten Massen aufgehäuft sind, wird eine vollkommene Verbrennung nicht erreicht, es werden, wie bei den Steinkohlen auch, schädliche Gasarten (Kohlenoxyd) gebildet, und daher nicht alle wärmegebenden Teile des Brennstoffes vollständig ausgenützt. Dies fällt nun bei einem so teuern

Stoffe wie es das Holz jetzt ist, um so mehr in Betracht, und es werden die Holzkohlen deswegen auch nur da noch verwendet, wo es sich um Erlangung eines Eisens von ganz vorzüglicher Güte handelt oder in waldreichen Gegenden, welchen der Bezug von Steinkohlen erschwert ist. Durch die Vielfältigkeit unserer heutigen Verkehrsmittel ist dies indessen selten mehr der Fall.

Gerade dadurch ist jedoch auch eine Verfrachtung des Eisens nach allen Seiten hin möglich und dies bedingt, daß bei unsern heutigen Zeitverhältnissen das Holzkohleneisen immer mehr aus dem Handel schwindet. Nur Steiermark und Schweden stellen es noch dar und verdanken zumeist diesem Umstande den ausgezeichneten Ruf ihrer Eisenerzeugnisse.

Die Verkohlung des Holzes geschieht in offenen, mit Sand und Erde bedeckten Meilern an den Standorten des Holzes, weil hierdurch für die leichtere Ware an Frachtkosten gespart wird, denn frisches Holz enthält häufig 40—50 Prozent Wasser. Die Ausbeute ergibt an Kohle gewöhnlich 15 bis 22 Prozent des Holzgewichtes und dem Raume nach etwa 50—70 Prozent des Holzinhaltes. Annähernd ist anzunehmen:

1 Festmeter gut geschichtetes Buchenbrennholz hat:

30 Prozent	Zwischenräume und	
70 „	festes Holz zu	465 kg.
Diese geben Kohle		93 kg.
1 m^3 Kohle wiegt		240 kg.

Die Dauer des Verkohlens richtet sich nach der Größe des Meilers und der Art seiner Aufbauung.

Holzkohlen, welche im Ofen unter gleichzeitiger Auffangung des Teeres ꝛc. erzeugt sind, können als zu zerbrechlich nicht für den Schmelzgang verwendet werden. — Der Verbrauch an Holzkohle zum Ausschmelzen der Eisensteine ist verschieden und zwar nach den gleichen Bedingungen wie dieselben bei der Anwendung der Koks erwähnt wurden.

Er bewegt sich infolgedessen für einen Gewichtsteil erblasenen Roheisens von 0,66 bis auf 2,0 bei Kohlen von hartem, um die Hälfte mehr bei Kohlen von weichem Holze. — Die schwedischen Hütten verbrauchen durchschnittlich an Holzkohle 75 Prozent des erzeugten Roheisengewichtes.

5. Der Betrieb des Schmelzofens.

Ist der Ofen in allen Teilen fertig erstellt und soll er in Betrieb gesetzt, „Angelassen“ werden, so ist zunächst nötig, denselben auszutrocknen und abzuwärmen. Das Abtrocknen geschieht während einer längeren Zeit 1—2 Monate durch den natürlichen Luftzug, das Anwärmen mittels eines kleinen eisernen Ofens, dessen Rauchrohr in das Stichloch für den Eisenabfluß mündet. Alle andern Oeffnungen werden vorher sorgfältig mit Thon verstopft und die Gichtöffnung mit Blechplatten, die nur einige Löcher haben, abgedeckt, weil jeder zu lebhafte Zug vermieden werden muß. Von dem genügenden Abtrocknen und dem möglichst langsamen Anwärmen hängt, guter Baustoff und sorgfältige Ausführung der Arbeit vorausgesetzt, der zukünftige

Gang und die Dauer des Ofens ab, indem bei einer Nichtbeachtung dieser Bedingungen Risse und Sprünge in dem Mauerwerk entstehen.

Diese lassen alsdann die Wärme entweichen und geben zu mancherlei Verlusten und Störungen den Anlaß. Häufig werden die Gestellwände deswegen noch vor einer unmittelbaren Einwirkung der Wärme durch lose vorgesetzte Steine oder einen Anstrich von Lehmmasse geschützt. Immer muß auch darauf Bedacht genommen werden, daß die Regulierschrauben den Eisenreifen, welche um das Gestell gelegt sind, rechtzeitig nachgelassen werden.

Ist die Anwärmung einige Wochen vor sich gegangen, so wird während einer ebenso langen Zeit eine schwache Heizung im Innern des Ofens unterhalten und diese erst unterbrochen, wenn sich keine Wasserdämpfe mehr bilden. Alsdann kann der Ofen ganz mit Brennstoff gefüllt werden und muß auch so noch einige Zeit bleiben, indem man zeitweise nur die wenigen verbrannten Kohlen ersetzt.

Ist die Ofenmauer nachgerade soweit erhitzt, daß sie keine neue Wärme mehr aufnimmt, sondern dieselbe nach außen abgibt, so kann mit der schichtenweisen Auffüllung des Erzes, der Zuschläge und des Brennstoffes, der Gichten, begonnen werden, wobei in der ersten Zeit die Erzmengen immer noch verhältnismäßig klein zu nehmen sind. Es wird sodann auch der Gebläsewind zugeführt, der Ofen wird angeblasen und in kurzer Zeit beginnt die Bildung des Eisens und der Schlacken.

Die Bedingungen, unter welchen eine gewisse Eisensorte entsteht, sind dem Hüttenmann bekannt, er weiß, daß unter sonst gleichen Verhältnissen nur die Mengen des Brennstoffes und der Beschickung, d. h. der sich hierdurch ergebende Wärmegrad im Innern des Ofens, hauptsächlich für die Entstehung der verschiedenen Eisensorten bestimmend ist; es liegt daher zum großen Teile in seiner Macht, hierauf einzuwirken.

Geht nun diese Bildung in erwünschter Weise vor sich, derart, daß in den gleichen Zeiträumen die gleichen Mengen von Roheisen entstehen, dieses auch von der erhofften Eigenart ist, mit andern Worten, geht der Ofen „gar“, dann ist der regelmäßige Betrieb als eingeleitet zu betrachten.

Ist zuviel Brennstoff vorhanden, so geht der Ofen „übergar“, es bildet sich ein Eisen, das nicht vorteilhaft verwertbar ist und bei zu wenig Brennstoff, dem Rohgange, trennt sich das Metall nicht vollständig von der Schlacke.

Der Gargang wird durch verschiedene Umstände bedingt und erwähnen wir als besonders einflußreich die nachstehenden drei Erfordernisse.

a) Die regelmäßige Aufgabe der Beschickung, der Gichten, bestehend aus dem Erz mit seinen Zuschlägen und dem Brennstoff. Letztere, die Kohlengicht, wird zumeist unverändert beibehalten und bei einem mangelhaften Ofengange nur die Erzgicht gewechselt, um wiederum auf den Gargang zu gelangen. Die schweren Erzgichten erniedrigen alsdann den Hitzegrad, während die leichteren denselben erhöhen. Im allgemeinen nützen kleine Gichten die Wärme besser aus, es erfolgt eine regelmäßigere Schmelzung und bessere Schlackenbildung. Die Aufgabe der Beschickung geschieht nach Gewicht oder Maß und in gleichen Zeitabschnitten. Die Zahl der Gichten richtet sich bei sonst gleichen Verhältnissen der Rohstoffe, nach der Menge und dem Wärmegrad des Windes. Der Durchgang einer Gichtschicht kann je nach den herrschenden Verhältnissen wechseln zwischen 3 bis 30 Stunden.

b) Zweckmäßige Vorbereitung und Verteilung der Rohstoffe. Die Rohstoffe sollen möglichst trocken zur Aufgabe gelangen, um der Klumpenbildung vorzubeugen, sie müssen gleichmäßig hoch auf der Oberfläche der Gicht verteilt werden in der Weise, daß die größeren Stücke nach der Mitte, die feinern nach dem Rande des Ofens zu liegen kommen. Die Ofengase, weil weniger Widerstand findend, bewegen sich nämlich leichter längs der Wand, werden aber auf diese Weise, weil der Ausweg erschwert ist, gezwungen, mehr nach dem Innern zu treten.

Bei kleinem Ofen mit offener Gicht kann diese Verteilung der Beschickung wohl von Hand bewerkstelligt werden, nicht aber bei größeren und es ist für diese die Anordnung einer zweckmäßigen Füllvorrichtung unumgänglich notwendig.

c) Zweckmäßige Abzugsvorrichtung für die Gichtgase. In den meisten Fällen werden die Gichtgase noch benutzt, zu diesem Zwecke aufgefangen und abgeleitet. Nun ist die Art dieser Ableitung durchaus nicht gleichgültig für den Schmelzgang. Früher geschah dieselbe zumeist seitlich, hierdurch wurde aber die Neigung der Ofengase, längs der Wand emporzusteigen, zu sehr gefördert, so daß die Umwandlung des Erzes und die Kohlung des Eisens nicht in allen Teilen des betreffenden Ofenquerschnittes gleichmäßig vor sich ging.

Vorteilhafter ist es daher, die Gichtgase erst dann abzuleiten, wenn sie bereits den ganzen Gichtsatz durchdrungen haben, also oberhalb desselben und dies an verschiedenen Stellen, oder der Einfachheit wegen auch nur ob der Mitte. Die **Fig. 10** und **11** zeigen diese schon erläuterten Anordnungen. Dies die drei Hauptbedingungen für einen guten Ofengang. — Hat sich nun genügendes Eisen auf dem Boden des Gestelles angesammelt, so wird dasselbe, nachdem der Gebläsewind abgestellt ist, entleert, oder das Eisen wird abgestochen.

Zu diesem Behufe hat man nur die Verstopfung der Abstichöffnung durchzustoßen, die flüssige Masse tritt sodann durch eine in Sand gebildete Rinne e, **Fig. 7a**, nach außen. Die in der gleichen Figur über e liegende Rinne f dient für den ununterbrochenen Abfluß der Schlacke. Sie fließt entweder in gußeiserne Kasten, welche auf Rädern ruhen und auf Geleisen bewegt werden können oder man leitet den Strom ins Wasser. Es bildet sich im letzteren Falle ein grobkörniger Sand, welcher ausgebaggert wird.

Aus später zu begründenden Ursachen wird das Roheisen nur zum kleinsten Teile sofort zur Darstellung von Gußwaren verbraucht und es muß für die Zwecke seiner späteren Verwendung deswegen in einer hierzu geeigneten Form aufbewahrt werden können.

Man läßt deshalb die flüssige Eisenmasse behufs des Erkaltens in aus Sand geformte Gruben, die sogenannten Masselbeete laufen und erhält auf diese Art eine Anzahl von bequem zu handhabenden Barren, Masseln genannt, welche sodann ihrer weiteren Bestimmung entgegengehen. Die Masseln haben einen halbkreisförmigen Querschnitt, sind von 0,60 — 1,00 m lang, 0,16 m breit und 0,08 m hoch und zeigen ein Gewicht von 50 — 80 kg. Die Masselformen werden zu beiden Seiten einer Hauptrinne, der Gosse, angelegt und von dieser aus der Strom in die Beete eingeleitet; durch ein vorgestecktes Eisen, das Wischeisen, kann die Schlacke, Gossenschlacke,

auf der Oberfläche leicht zurückgehalten werden. Ist Bedarf an Gußstücken vorhanden und erlaubt es die Natur des Eisens, daß solche unmittelbar aus dem Erzeugnis des Hochofens dargestellt werden dürfen, so kann dabei auf verschiedene Weise verfahren werden, wie dies später zu ersehen ist. — Die sonstigen laufenden Arbeiten beschränken sich auf weniges. Während der Schmelzung ist stets darauf zu achten, daß an den Wind- und Schlackenöffnungen sich keine festen Massen ansetzen. Diese, sowie etwaige Ansätze in dem Herde müssen zeitig mit den Brechstangen, den Rengeln, losgebrochen werden; die Schlacke muß frei und gleichmäßig abziehen können. Kleinere Oefen haben oft jetzt noch keinen ununterbrochenen Abfluß für die Schlacke, sondern dieselbe wird in dem Ofen angesammelt und ebenso wie das Eisen abgestochen.

In diesem Falle ist darauf zu achten, daß auch hierfür ganz bestimmte Zeitabschnitte eingehalten werden. Es ist überhaupt nicht geraten, Eisen und Schlacken länger in dem Ofen zu halten als der Schmelzgang dies gebietet, weil eine fortgesetzte gegenseitige Einwirkung, auch auf die Güte des Erzeugnisses einen gewissen Einfluß übt. — Bei Oefen, aus welchen die Schlacke nicht ununterbrochen abfließt, sondern oft abgezogen wird, wie bei solchen mit Vorherden, kommt eine sehr eisenhaltige Schlacke vor, d. h. sie ist mit eingesprengtem Eisenkorn gemischt. Derartige Schlacken werden auf die Pochwerke genommen, dort mit den Pochstempeln zerstampft und das leichtere Pochmehl von dem schwereren Eisen durch fließendes Wasser getrennt; das so gewonnene Eisen nennt man Wascheisen.

Der Ofengang wird beurteilt nach dem Aussehen der Gicht und Herdflamme, nach der Niedergangszeit der Beschickung, nach der Farbe, sowie der Beschaffenheit der Schlacke und nach dem Grade der Helligkeit in dem Innern des Gestelles. Für letztere Beobachtung sind eigene, durch Glimmerplatten verschlossene Schaulöcher angebracht. — Die vorkommenden Störungen in dem Ofengang sind von mancherlei Art. Schlacke und Eisen kommen oftmals nicht recht zum Fluß, d. h. das Metall tritt nicht mehr aus dem Gestein. Das Feuer erlischt, es bilden sich Ansätze im Innern, die Futter- und Windformen beginnen zu schmelzen, Tümpelsteine bersten 2c.

Es kann auch vorkommen, daß die glühenden Eisenmassen sich einen Ausweg suchen, austreten und dabei großes Unheil veranlassen, oder daß der Ofen bei scheinbar ganz gleichen Verhältnissen, nicht mehr die gewünschte Eisensorte liefert. Alsdann heißt es: Eingreifen; Wissenschaft wie Erfahrung müssen dem Betriebsleiter zur Seite stehen, wenn er Verlusten an Zeit und Geld, oder Verderben und Gefahren für das Menschenleben rechtzeitig begegnen will. Der Betrieb des Ofens geht nur ununterbrochen fort, so lang es die Feuerbeständigkeit der Baustoffe erlaubt und dies ist bis zu zehn Jahren möglich. — Die Zeit eines derartigen ununterbrochenen Betriebes heißt die Ofenkampagne. Einzelerneuerungen von Teilen, welche durch das Feuer gelitten haben, kommen dabei wohl vor, dürfen indessen keinen bedeutenden Umfang erreichen.

Ein nötig werdender Umbau des Gestelles bedingt jedoch immer die Einstellung des Betriebes, und hierfür muß der Ofen ausgeblasen werden. Dies erreicht man durch allmähliche Verringerung der Kohlengichten, Abstellung des Gebläsewindes und sorgfältigen Verschluß aller Oeffnungen,

um ein langsames Erkalten der Wände zu bewirken. Häufig findet sich alsdann auf dem Bodenstein oder mit ihm verwachsen eine fest zusammengesinterte, aus Schlacken und Eisen bestehende Masse, welche wenig Kohlenstoff enthalten, nicht mehr fließt und die Eisensau genannt wird. — Durch ein ähnliches Vorgehen wie bei dem Ausblasen kann der Ofen auch eine zeitweilige Unterbrechung des Betriebes erleiden, ohne daß in einem solchen Fall das Feuer ganz gelöscht werden müßte; der Ofen wird alsdann gedämpft, d. h. das Feuer ohne Einwirkung des Gebläsewindes unterhalten und der Verbrauch an Brennstoff dadurch auf ein kleines beschränkt.

Veranlassung zu dem Dämpfen geben gewöhnlich der Mangel an Rohstoffen oder nötig werdende Ausbesserung der Hilfsvorrichtungen für den Betrieb. — Damit sich unsere Leser eine Vorstellung bilden können, in welcher Weise und mit welchen Mengen von Rohstoffen etwa einer der größeren Hochöfen zu bedienen ist, geben wir hierüber im nachstehenden ein Beispiel. Der in **Fig. 2** dargestellte Ofen ist dabei Grunde gelegt.

Es werden verbraucht pro 24 Stunden:

Koks	105 500 kg,
Erz	150 000 „
Kalk	67 500 „
Zusammen Rohstoffe	323 000 kg.

Erzeugt wird an

Eisen	60 000 kg,
Schlacken	90 000 kg.

Zur Beschickung dienen 16 Kippwagen, entsprechend den 8 Aufgabeöffnungen der Gicht; das Einfüllen geschieht stündlich mit einer der obigen Gesamtmasse entsprechenden Teilmenge. Der Abstich des Eisens erfolgt gewöhnlich fünfmal in 24 Stunden.

Nach den obigen Zahlen treffen auf 1 Teil erblasenes Roheisen an:

Koks	1,76 Teile,
Kalk	1,12 „
Erz	2,50 „
Schlacken	1,50 „

Ein Teil Eisenstein bedarf zu seiner Schmelzung:

Koks	0,70 Teile,
Kalk	0,45 „

und liefert:

Eisen	0,40 Teile,
Schlacken	0,60 „

Beiläufig erwähnen wir hier noch als bemerkenswert, daß das Gewicht der in 24 Stunden verbrauchten Gebläseluft etwa das doppelte des Gewichtes der gesamten Rohstoffe beträgt, ein Verhältnis, das wohl den meisten unserer Leser unbekannt ist.

Der ungemein große Verbrauch an Rohstoffen zeigt, wie sorgfältig, der Frachtkosten wegen, die örtliche Lage eines Hüttenwerkes zu erwägen ist, denn obiger Ofen allein erfordert für eine tägliche Zufuhr einen Eisenbahn-

zug von 32 Wagen, während das Erzeugnis zu seiner Wegschaffung eines solchen von 15 Wagen bedarf.

Ofen dieser Art finden sich jedoch öfter nebeneinander stehend, und es ist deren Verbrauch und Erzeugung alsdann auch entsprechend größer. — Der an sich geringe Preis des Eisens erfordert einen Betrieb im großen, um lohnend zu werden. Der große Betrieb setzt umfangreiche Anlagen voraus, diese bedingen wiederum die Beschaffung von bedeutenden Mengen an Rohstoffen und so kann es kommen, daß für die Ertragsfähigkeit eines Werkes schließlich die Frachtkosten derselben ausschlaggebend werden.

6. Ergebnisse des Schmelzganges.

A. Das Roheisen.

Das Ergebnis des Schmelzganges ist das Roheisen und die Schlacke. Das gewonnene Roheisen zeigt sehr verschiedene Eigenschaften, je nach dem Wärmegrad, unter welchem es erblasen wurde, je nach Beschaffenheit der Erze, der Zuschläge und der Brennstoffe, welche zu seiner Darstellung dienten. Im allgemeinen unterscheidet man dasselbe nach der Farbe, weil die übrigen Eigenschaften mit dieser in einer gewissen Beziehung stehen und es ist wiederum der Kohlenstoff, welcher diese Färbung veranlaßt. Das bei dem Schmelzgang sich bildende reine Eisen muß Kohlenstoff aufnehmen, um flüssig zu werden. Je nach den Umständen, unter welchen diese Aufnahme erfolgt, bildet sich ein Kohleneisen, das im Bruche eine graue oder eine weiße Farbe zeigt, so daß man zwei Hauptarten, a) das graue und b) das weiße Roheisen unterscheiden kann.

Eine scharfe Grenze läßt sich zwischen diesen beiden Arten allerdings nicht ziehen, da sie ineinander übergehen, doch lassen sich die schon weiter voneinander stehenden Arten sehr scharf unterscheiden. Das Eisen kann nämlich bis zu seiner Sättigung etwa 6 Prozent Kohlenstoff aufnehmen, diese Aufnahme aber kann auf zwei Arten erfolgen und daher die beiden Roheisensorten. Entweder stellt sich das gebildete Kohleneisen dar als ein ganz gleichartiger, nur aus einem Stoff bestehender Körper, oder es erscheint ungleichartig, d. h. als ein Gemenge von Eisen und Kohle. — Im ersteren Falle haben wir eine chemische, im zweiten eine mechanische Verbindung vor uns, d. h. die Kohle ist dort gewissermaßen aufgelöst, hier aber nur lose beigemischt.

Im nachstehenden werden wir die Ursache dieser verschiedenartigen Aufnahme zu erläutern suchen. Der Kohlenstoff kommt in der Natur in drei verschiedenen Formen vor. Als steinartiger Körper in dem Diamant und dem Graphit oder Reißblei, als pflanzenartiger Körper in den Brennstoffen und als Tierkohle, d. h. als Ueberrest der Verkohlung von Tierstoffen. Alle diese drei Arten sind nach ihrer Eigennatur gleich, aber in dem Aussehen und Verhalten doch sehr verschieden.

Das Eisen nimmt nun seinen Kohlenstoff aus der pflanzenartigen und als Ausnahme z. B. bei Versteinerungen von Muscheln, Knochen 2c. auch aus der Tierkohle. Je nach Umständen kann das Eisen aber den aufgenommenen Kohlenstoff auch wieder teilweise abgeben, so daß die ursprüngliche

chemische Verbindung in eine mechanische umgewandelt wird. Dies kommt nun in der That bei den zwei Roheisensorten vor und begründet auch deren Unterschied. Das weiße Eisen, wie das graue ist ein zusammengesetzter Körper, oder Kohleneisen. Während aber das erstere sich mit nahezu sämtlichem Kohlenstoff im chemischen Sinne verbunden hat, ist dies bei dem zweiten nur für den kleineren Teil desselben der Fall. Der größere Teil ist ausgeschieden und mengt sich mechanisch mit dem Eisen. Er erscheint als Graphit und läßt sich schon mit freiem Auge als feine, eingesprengte schwarze Blättchen erkennen. — Bei gleichen Rohstoffen und unter sonst gleichen Verhältnissen kann einzig durch den Unterschied der Wärmegrade des Hochofens graues oder weißes Roheisen entstehen und es ist die mitunter gar nicht leichte Aufgabe an den Hüttenmann gestellt, mit dem Gegebenen auch die gewünschte Eisensorte zu erzielen.

Wie sehr der Wärmegrad auf die Bildung der beiden Roheisensorten einwirkt, zeigt sich auch dadurch, daß flüssiges Kohleneisen, wenn rasch abgekühlt, weißes Roheisen und wenn langsam abgekühlt, graues Roheisen bildet.

Weißes, starres Roheisen kann durch längere Erhitzung bis auf Rotglut und eine darauf folgende verzögerte Abkühlung in graues Roheisen verwandelt werden. Es beruht dies auf dem Umstande, daß das flüssige Roheisen nur den chemisch gebundenen Kohlenstoff, nicht aber Graphit enthält, dieser bildet oder scheidet sich erst nachträglich aus, bei der Erstarrung abwärts dieses Wärmegrades bis auf 500^0 C. Schmilzt das graue Eisen, so geht wiederum sämtlicher Graphit in eine chemische Vereinigung über.

a) Das graue Roheisen.

Die Farbe des grauen Eisens geht von lichtgrau bis nahezu schwarz. — Es ist zähe und fest, läßt sich mitunter etwas weniges schmieden und ist dabei so weich, daß es sich mit den gewöhnlichen Werkzeugen bearbeiten läßt. Je dunkler der Farbenton, um so weicher das Eisen.

Das Eigengewicht oder auch spezifische Gewicht ist etwa 7,1 ($7^1/_{10}$ mal so schwer als ein gleicher Raumteil Wasser). Der Schmelzpunkt liegt zwischen 15 und 1600^0 C. Das graue Roheisen ist dünnflüssig, füllt die Gußformen leicht aus und die Gußstücke lassen sich nachträglich gut bearbeiten. Dieser Eigenschaften wegen wird es auch hauptsächlich zum Gießen von Gegenständen aller Art verwendet, nebenbei findet es auch seinen Absatz für die Darstellung des Flußeisens, worüber später zu sprechen ist. Je nach dem größeren Graphitgehalt unterscheidet man auch verschiedene Unterabteilungen des grauen Roheisens, wie:

Sorte tiefgrau (3,5—4,2 Prozent Kohlenstoff enthaltend),
„ grau,
„ lichtgrau,
„ halbiertes Roheisen,

die je mit Vorteil für die Fertigstellung bestimmter Waren angewendet werden. — Das halbierte Roheisen bildet den Uebergang von dem grauen zu dem weißen Roheisen. Hauptbedingung für die Erzeugung von grauem Roheisen sind große Schmelzzone, viel aschenarmer Brennstoff, viel und da-

bei stark erhitzter Gebläsewind und ein enges, hohes Gestell nebst der passenden Erzsorte. Teilweise bedingt durch diese Erfordernisse sind daher die Darstellungskosten je nach dem Graphitgehalt des Eisens entsprechend höher und es wird dieses selbst auch hiernach bezahlt.

b) Weißes Roheisen.

Diese Eisensorte zeigt beinahe die entgegengesetzten Eigenschaften des grauen Roheisens. Sie ist an der Bruchfläche bis silberweiß glänzend, großblätterig, dabei härter, leichter schmelzbar — schon bei 14—1500° C. — und läßt sich nicht bearbeiten. Weißes Roheisen ist dichter als das graue und hat deshalb ein Eigengewicht von 7,5—7,6. Im geschmolzenen Zustand ist das Eisen sehr dickflüssig, es taugt daher nicht zur Anfertigung von Gußwaren, weil es die Formen nur schlecht ausfüllt und eine Nacharbeit an den daraus gefertigten Gußstücken unmöglich ist.

Nur ausnahmsweise, wenn besonders harte Gegenstände verlangt werden, kommt es für Gußzwecke, sonst aber stets und mit Vorteil für die Stabeisen- und Stahl-Darstellung in Verwendung. Während das graue Roheisen nach dem Graphitgehalt unterschieden wird, ergibt sich die Unterscheidung des weißen Roheisens nach dem Gehalt an chemisch gebundenem Kohlenstoff.

Die Benennung der einzelnen Arten ist nach den betreffenden Gegenden auch verschieden und wir führen deswegen als überall gleichbleibend nur an: Das Spiegeleisen, das härteste aller Eisen; es ritzt Glas, schmilzt am leichtesten, hat 4—5 Prozent Kohlenstoff und zumeist auch einen Gehalt an Mangan von 6—15 Prozent.

Der Weißstrahl, mit einem geringeren Kohlenstoffgehalt und diesem entsprechend auch veränderten Eigenschaften. — Als eine besondere Unterart des weißen Roheisens ist auch das in neuerer Zeit viel verwendete und auch jetzt schon im Hochofen dargestellte Ferro-Mangan zu nennen. Es ist dies eine Mischung von Spiegeleisen mit einem einfachen Stoffe, einem Metalle, dem Mangan, in dem Verhältnis von 1 zu 2 bis 1 zu 4. Mangan ist nach dem Eisen das am häufigsten vorkommende Schwermetall, seine Erze, die Manganerze, finden sich in Steiermark und Thüringen.

Das Ferro-Mangan ist schwerer schmelzbar als Spiegeleisen, dabei härter, spröder, von ungleichmäßigem Bruche und weißgelber Farbe. Es zeigt von allen Roheisensorten den höchsten Kohlenstoffgehalt, d. h. $5^1/_2$—$7^1/_2$ Prozent. Die Darstellung des Ferro-Mangans ist schwierig und teuer, infolgedessen es auch hoch im Preise steht. Die Anwendung desselben für gewisse Zwecke ist von großem Vorteil, es wird deshalb auch gewerbsmäßig erzeugt und in den Handel gebracht. — Die Gebrüder Prieger in Nassau haben das Ferro-Mangan erfunden, zuerst dargestellt und in dem Hüttenwesen eingeführt. — Die besonderen Verwendungen von Spiegeleisen und von Ferro-Mangan werden wir im späteren kennen lernen. — Das weiße Roheisen entsteht unter den Bedingungen, welche denjenigen für die Gewinnung des grauen Eisens entgegengesetzt sind. Es verlangt eine leichtflüssige Beschickung, eine minder große Hitze und bildet sich zumeist auch bei dem Beginne des Schmelzganges, sowie bei Störungen des Garganges. Da, wo weißes Eisen verlangt wird, ohne daß der Ofen für die Graueisenerzeugung geändert wer-

den soll, läßt man das flüssige Eisen anstatt in die Sandmasselbeete in besondere dicke Metallformen, die Coquillen laufen, um eine rasche Abkühlung und damit eine Umbildung des grauen Eisens zu bewirken.

B. Die Schlacken.

Die Entstehung der Schlacken haben wir in dem Abschnitt über das Gattieren der Erze bereits erwähnt und es bleibt uns noch übrig, hier auf den Gegenstand selbst näher einzutreten.

Die Schlacken sind je nach Beschaffenheit der Erze und Zuschläge, des Brennstoffes und des bei der Ausschmelzung vorhanden gewesenen Hitzegrades sehr verschieden, sowohl nach Aussehen, wie nach innerer Natur und Festigkeit. Es kommen sozusagen alle Farbenabstufungen vor, bei einer glasigen, porzellanartigen, erdigen oder derben Beschaffenheit; das Eigengewicht geht von 4,0—5,0.

Den wesentlichen Bestandteil der Schlacke bildet die Kieselerde, gemengt mit Thon und Kalkerde. Wir erwähnen hier, um für später Kommendes verständlich zu bleiben, daß man, in Beziehung auf die Kieselerde, zwei Arten von Schlacken unterscheidet, nämlich die saure und die basische; dies je nach einem bestimmten größeren oder geringeren Gehalt an Kieselsäure. So vorteilhaft und notwendig nun die Schlacke bei der Erzeugung des Roheisens ist, ebenso lästig wird dieselbe, wenn diese Dienstleistung vorüber ist, d. h. in erkaltetem Zustande. Wenn man bedenkt, daß das Gewicht der Schlacken bei Holzkohlenbetrieb von 1,2—1,7, bei Koksbetrieb von 1,5 bis 2,8 des Gewichtes des erblasenen Roheisens beträgt, wird man begreifen, welche Massen hiervon sich im Laufe der Jahre in der Nähe eines Eisenhüttenwerkes ansammeln müssen und so kommt es, daß in Ländern, wo die Eisengewinnung schon seit lange heimisch ist wie in England und Belgien, ganze Höhenzüge aus Schlacken gebildet, sich vorfinden. An den Meeresküsten werden deswegen Dämme davon gebildet, an anderen Orten dienen sie zum Ausfüllen von Bodensenkungen, als Bettung für Bahnanlagen und Straßen oder als Mauersteine in den Gruben der Erz- und der Kohlenbergwerke ꝛc. Mangeln diese Gelegenheiten zur Verwendung, so werden für die Ablagerung eigene Plätze, Halden angelegt, und diese durch einen Schienenweg mit dem Hochofen in Verbindung gebracht. Die Möglichkeit, die Schlacken auf eine billige Weise zu beseitigen, muß daher bei der Anlage eines Eisenhüttenwerkes stets in Betracht gezogen werden.

Um diesem Uebelstand zu begegnen, hat man deswegen in der Neuzeit sehr viele Anstrengungen gemacht, die Schlacken noch nutzbar zu verwerten. Im Harz werden dieselben im flüssigen Zustande in Formen geleitet, um Bausteine daraus zu gewinnen.

Wegen der großen Dichte und den nur schmalen und wenigen Mörtelbändern, die bei der ansehnlichen Größe der Steine für das Vermauern nötig werden, eignen sich solche indessen weniger zum Bau der Wohnungen. Alle Feuchtigkeit im Innern schlägt sich an der Mauerfläche wie an einer kalten Fensterscheibe nieder, die Schlacken saugen dieselbe nicht auf und lassen auch keinen Luftwechsel zu, was bis zu einem gewissen Grade für die Gesundheit der Bewohner immer nötig ist.

Besser dienen diese Steine zu Einfriedigungen und Erdmauerwerk. Vorteilhafter werden Schlackensteine aus der fein zerkleinerten Schlacke mit

einem Zusatz von etwa 10—15 Prozent gelöschtem oder gebranntem und gemahlenem Kalke dargestllt. Je nachdem dieselben bei dem Formen weniger oder mehr gepreßt werden, erhält man eine leichte Ware, die für Innenwände sehr zweckentsprechend ist, oder eine feste, welche wie die gebrannten Ziegel verwendet werden können, dieselben an Dauerhaftigkeit weit übertreffen und dabei noch billiger sind. — Kalkstein, der mit Thon gemischt ist, der sogenannte magere Kalkstein, liefert den Stoff zu dem rasch erhärtenden Wassermörtel, einen ebenso guten erhält man durch Beimengung von fein gemahlener Schlacke zu dem gewöhnlichen fetten Kalk.

Es werden eben durch diese Beimengung gerade diejenigen Bestandteile zugefügt, welche das Erhärten des Wassermörtels und der verschiedenen Zemente bedingen.

Viele Hüttenwerke haben deswegen auch schon solche Verarbeitungen der Schlacken als Nebengeschäft eingeführt, ohne indessen bei der großen Menge derselben alles für die genannten Zwecke verwenden zu können.

Vor etwa einem Jahrzehnt schien es, als ob sich eine vorteilhafte Benutzung der Schlacke durch die Darstellung der mineralischen oder Schlackenwolle ergeben würde. Bläst man nämlich mit großer Gewalt einen Strom heißer oder kalter Luft oder auch, wie es zumeist geschah, Wasserdampf auf die flüssige Schlacke, so erhält man ganz feine Fasern, ähnlich dem gesponnenen Glase.

Die Fasern sind biegsam, oft 20—30 cm lang, bilden Röhrchen, welche mit Luft angefüllt sind und hierin liegt die schätzbare Eigenschaft derselben als schlechter Wärmeleiter. Eine Lage von einigen Zentimetern dieser Wolle genügt vollständig, um einer Wärmeausgleichung vorzubeugen.

Der Gebrauch der Schlackenwolle als billige, feuersichere und wirksame Umhüllung für Leitungen, Eiskeller, Geldkasten, als Füllung bei Schrägböden &c. ward bald allgemein; indessen zeigten sich bei Anwendung dieses Stoffes auch Uebelstände.

Da, wo derselbe mit Eisen in Berührung war, wurde dieses durch den Schwefelgehalt der Wolle angegriffen und bei etwa hinzugetretener Feuchtigkeit auch ganz zerstört. In hohen Lagen aufgetragen waren diese des Eigengewichtes wegen bald zusammengedrückt, es entstanden statt der ausgefütterten Zwischenwände hohle Räume, die nur an dem untern Teile noch den beabsichtigten Zweck erfüllten. Die Schlackenwolle bewährt sich daher nur da als vorzüglich, wo sie nicht mit Metall in Berührung kommt und vor Feuchtigkeit geschützt in dünnen Lagen verwendet werden kann, wie dies z. B. bei den Schrägböden der Fall ist. — Diesem beschränkten Verbrauche hat sich die Erzeugung derselben auch angepaßt und heute sind es nur wenige Werke, welche die Schlackenwolle nach darstellen. In neuerer Zeit versuchte man auch gewisse Schlackensorten des Gehaltes an Knochenerde (phosphorsaurem Kalke) wegen, als Düngemittel zu verwerten.

Den Arbeitsgang, bei welchem diese Schlacke (Thomasschlacke) entsteht, werden wir später eingehend kennen lernen und bemerken an dieser Stelle nur kurz, daß der Zweck desselben darauf zielt, den mit dem Roheisen verbundenen, schädlich wirkenden Phosphor, aus diesem zu entfernen.

Phosphor kommt stets in dem Samen der Pflanzen vor, ist deswegen einer der unentbehrlichsten Nährstoffe für dieselben und muß dem Boden in Gestalt von phosphorsaurem Kalke zugeführt werden, wenn das Gewächs gedeihen soll.

Zu diesem Zwecke dient daher die Düngung mit gewissen Gesteinsarten, dem Apatit und dem Phosphorit oder mit Knochen, welche alle den phosphorsauren Kalk enthalten.

Das Vorkommen der genannten Stoffe ist indessen beschränkt und die Verarbeitung derselben auch teuer.

Nicht so ist dies bei der Thomasschlacke der Fall, und es gewinnt dieselbe, in landwirtschaftlicher Beziehung genommen, eben dadurch eine hohe Bedeutung.

Schon jetzt beschäftigen sich mehrere Fabriken mit der Herstellung dieses neuen Düngmittels und liefern dasselbe zu annehmbaren Preisen in den Handel.

Wie bedeutend die Schlackenmenge bei einem einigermaßen großen Hochofenbetrieb werden kann, ist aus den von uns im vorhergegangenen angeführten Daten am besten zu ersehen. Dort wurde bemerkt, daß der Ofen bei einer täglichen Erzeugung von 60 Tonnen Eisen je 90 Tonnen Schlacken liefert. Dies ergibt auf das Jahr 32850 Tonnen. Ein m^3 Schlacke wiegt ungefähr eine Tonne und um die Gesamtmasse auf 1 m Höhe zu lagern, bedürfte es einen Flächenraum von etwa $3^1/_4$ Hektaren. Dies bei einem derartigen Ofen und nur in dem Zeitraum eines Jahres. — Aus der großen Verschiedenheit in der Zusammensetzung der Schlacken folgt schon, daß einer einheitlichen Nutzbarmachung derselben vieles im Wege stehen muß. Wie wünschenswert indessen dies wäre, ergibt sich aus dem Umstande, daß die deutschen Hüttenwerke die Kosten für die Beseitigung der Schlacken für eine Tonne zu 1 Mark 20 Pfge. annehmen; entsprechend dieser Zahl wird daher auch die Erzeugung des Roheisens verteuert.

IV.

Das Gußeisen.

---

1. Allgemeines.

Das in dem Hochofen erzeugte Roheisen wird, wenn Bedarf vorhanden ist, unmittelbar für Gebrauchsgegenstände in Formen gegossen, oder behufs späterer Verwendung in der Gestalt von Masseln gewonnen. Zur Erzeugung von Gußwaren wird der Hochofenguß daher immer der billigste bleiben, falls die Verunreinigungen, welche das Roheisen stets noch mit sich führt, bei dem zu gießenden Gegenstande nicht schaden können.

Dies ist wohl bei vielen Stücken der Fall, dennoch ist man gezwungen, sehr häufig eine zweite Schmelzung vorzunehmen und zwar aus verschiedenen Gründen. Der Hochofen liefert nämlich nicht stets das für einen bestimmten Zweck taugliche Eisen, und große Stücke erfordern häufig eine bedeutendere Menge an flüssigem Metall als bei dem einmaligen Hochofenabstich gewonnen werden kann. Oft genug sind es auch örtliche Verhältnisse, z. B. das Bestehen einer Maschinenbauanstalt, welche für die Anlage einer Gießerei sprechen, obgleich eine Roheisenerzeugung nicht möglich wäre. — In dieser Hinsicht haben überhaupt die neuern Verkehrsverhältnisse eine wesentliche Aenderung mit sich gebracht und die Sachlage gegen frühere Zeiten vollständig verschoben. Zu dem Gesagten kommt noch der Umstand, daß ein mit Koks erblasenes Roheisen, und solches ist es, welches jetzt am häufigsten vorkommt, bei dem Umschmelzen an Güte wesentlich gewinnt, denn viele schädliche Bestandteile werden noch als Schlacke ausgeschieden. Es mag schon hier gesagt werden, daß dieses öftere Umschmelzen allerdings auch seine Grenzen hat. Eine mehrmalige Schmelzung erhöht die Festigkeit des Roheisens, während nach einer gewissen Anzahl von Schmelzgängen dieselbe wieder ganz erheblich abnimmt, wohl zumeist durch eine ungleichmäßige Ausscheidung des Kohlenstoffes. — Das Umschmelzen des Roheisens und die Fertigung der Gebrauchsgegenstände aus demselben ist Sache des Gießereibetriebes. Er scheidet sich in zwei Hauptteile, deren einer das Schmelzen

und Vergießen des Metalles behandelt und im besonderen die Gießerei heißt, während der andere Teil lehrt, wie dem zu gießenden Gegenstand diejenige Gestalt zu geben ist, welche er in dem erstarrten Zustande besitzen soll.

Das Gießen verschiedener Metalle war zwar schon im Altertum bekannt, dasjenige des Eisens ist indessen später und wahrscheinlich nur zufällig entdeckt worden. — Die Vorzüge des Eisengusses gegenüber dem früher gebräuchlichen Bronzeguß, lassen sich dahin zusammenfassen, daß er billiger, strengflüssiger, sowie härter als dieser ist und auch bei dem Erstarren weniger schwindet. Diesen Vorteilen gegenüber sind die kleinen Nachteile der schwierigeren Schmelzbarkeit und des schnelleren Erstarrens des Eisens nicht bedeutend, so daß der Bronzeguß dem Eisenguß weichen mußte.

Dieser hat sich nicht nur in dem Maschinenwesen allein, sondern auch in dem Eisenbahn- und dem Hochbau in ausgedehnter Weise eingeführt und jeder Tag bringt neue Verwendungsarten dafür; Ersatz des Holzes durch Eisen ist die Losung.

2. Umschmelzen des Roheisens.

Das Roheisen, welches zur Umschmelzung gelangen soll, muß in diesem Zustande dünnflüssig sein und darf nicht sehr rasch erstarren, damit es die Form gut ausfüllt. Andernfalls bilden sich im Innern des Gußstückes Höhlungen oder Blasen, und auf der Außenseite desselben Narben, Vertiefungen, Schrundstellen ꝛc. Es darf nach dem Erkalten nicht spröde werden, sondern muß einen gewissen Grad von Weiche und Zähigkeit besitzen, die eine nachträgliche Bearbeitung noch zuläßt, ausgenommen diejenigen Fälle, bei denen die Härte eine vorgeschriebene Bedingung ist. Im weiteren soll es so wenig wie möglich durch das Erstarren schwinden, weil sich hierdurch die Gestalt des Gußstückes stets ändert. Im allgemeinen wird das graue Eisen diesen Bedingungen entsprechen.

Das aus dem Hochofen stammende Roheisen, welches durch eine nachträgliche anderweitige Umschmelzung in einem Gebrauchsgegenstand umgewandelt ist, heißt in dieser Verwendung Gußeisen, und im Gegensatz zu dem Hochofenguß spricht man auch noch von besonderen Gußarten, je nach dem Verfahren, nach welchem die Umschmelzung stattfand. Diese selbst kann erfolgen in dem Tiegelofen, in dem Kupolofen und in dem Flammofen, wonach man auch den Tiegelofenguß, oder Tiegelguß, den Kupolofenguß und den Flammofenguß unterscheidet. Jede dieser Umschmelzungsarten hat wiederum ihre Eigentümlichkeiten, die auf die Natur des Eisens mehr oder weniger einwirken und dadurch auf die Beschaffenheit des dargestellten Gegenstandes von Einfluß sind.

Die Auswahl der Eisensorte, welche zum Gusse eines Gegenstandes dienen soll, muß sich daher sowohl nach der Eigennatur des Eisens, wie auch nach dem Verfahren richten, welches für die Umschmelzung angewendet wird, denn es gibt verschiedene Abstufungen in der grauen Eisensorte und diese erleiden durch das Umschmelzen auch verschiedene Veränderungen. Wissenschaft und Erfahrung müssen sich daher auch hier die Hand bieten und durch das Gattieren der verschiedenen Roheisenarten, durch Zusätze von

Schmiedeeisen, schnelleres oder langsameres Schmelzen ꝛc. wird sich fast immer ein Erzeugnis von der gewünschten Beschaffenheit herstellen lassen.

A. Tiegelofenguß.

Tiegel sind Gefäße von feuerfestem Stoffe, welche, in Glut gebracht, die darin enthaltenen Metalle zur Schmelzung gelangen lassen. Der Tiegelofen ist derjenige Ofen, in welchem die Erhitzung der Tiegel bewerkstelligt wird. Das Gießen aus Tiegeln kam zu Anfang des vorigen Jahrhunderts in Frankreich auf. Das Verfahren, Eisen in dem Tiegel umzuschmelzen, ist sehr einfach, aber auch sehr teuer, namentlich in Bezug auf die Tiegel selbst und auf den Verbrauch an Brennstoff. Tiegelguß wird nur zur Anfertigung von kleinen Gegenständen, bei welchen es auf scharfe Formen ankommt, in der Jetztzeit noch angewendet. Tiegelöfen dienen etwa in kleineren Gießereien noch als Reserve für den Kupolofen, oder sie sind da errichtet, wo die Oertlichkeit es nicht gestattet einen solchen zu bauen.

Bei der Tiegelschmelzung erleidet das Eisen die wenigste Veränderung, weil es mit der Luft nur teilweise, mit dem Brennstoff gar nicht in unmittelbare Berührung kommt. Erstere Wirkung kann noch vermindert werden durch einen auf jeden Tiegel gesetzten Deckel, oder durch Bildung einer künstlichen Schlacke vermittelst eines glasartigen Flußmittels, welches mit dem Eisen in den Tiegel eingefüllt wird. Der Ofen besteht aus einem walzenförmigen Schacht A, d. h. einem Blechmantel mit einer Ausfütterung von feuerfesten Steinen, der unten einen Rost hat, oben durch einen beweglichen, eisernen Deckel geschlossen ist und seitlich mit einer Esse c in Verbindung steht **(Fig. 13)**. Der Tiegel a wird auf eine Unterlage von feuerfestem Thon gestellt, mit Brennstoff allseitig umgeben und der Zug hergestellt; ein Schieber in der Esse regelt denselben. Der Zug kann verstärkt werden, je nachdem man die Luft von einer tieferen Stelle als die Ofensohle es ist, hernimmt oder wohl auch ein Gebläse wirken läßt; größere Tiegel erwärmen sich indessen nicht gleichmäßig durch dasselbe. Nach der Schmelzung werden kleine Tiegel mittels einer Zange, größere mit einer Hebevorrichtung ausgehoben und der Inhalt in die Form entleert. Die Größe des Ofens richtet sich nach der Anzahl und Größe der Tiegel, welche gleichzeitig eingesetzt werden sollen, auch werden mehrere kleine Oefen für je einen Tiegel in einer Reihe nebeneinander gestellt. Die Höhe des Schachtes ist 0,70 — 0,80 cm. Der Raum für einen mittleren Tiegel 0,35 cm im Durchmesser. Die Tiegel sind aus feuerfestem Thon oder einer Mischung von diesem mit Graphit gefertigt, werden an der Luft getrocknet und dann gebrannt. Die Tiegel haben einen hohen Hitzegrad auszuhalten, sie dürfen nicht sickern oder schmelzen und sollen bei einem raschen Wechsel zwischen Wärme und Kälte nicht rissig werden. Thontiegel werden in Almenroda (Kurhessen) und in England gefertigt; Graphittiegel in Passau, Nürnberg, Schaffhausen, Böhmen, Tirol und auch in England. Die Tiegel werden dargestellt in einer Größe, daß sie bis zu 500 kg Metall aufnehmen können. Dieselben sind im Gebrauche immer teuer, da ein solcher der besten Sorte nur wenige, etwa 10 — 20, Schmelzungen aushält ohne zu bersten.

Als Brennstoff für die Oefen dient am besten der Koks und wird auf 1 Teil Eisen davon etwa 1 — 1½ Teil verbraucht. Je nachdem der In

halt eines Tiegels mehr oder weniger geschützt ist, entsteht ein Abbrand von 3—15 Prozent des eingesetzten Eisens; die Schmelzung erfordert 1 bis 3 Stunden Zeit.

B. Kupolofenguß.

Zu derselben Zeit, als das Eisengießen mittels Tiegeln aufkam, also zu Anfang des vorigen Jahrhunderts, bediente man sich zum gleichen Zwecke auch niederer, tragbarer Schachtöfen von etwa 60—70 cm Höhe und 20 bis 30 cm Durchmesser. In diesen wurde das klein zerstückte Eisen mit Holzkohlen aufgeschichtet und der Zug mit einem Handblasebalg angefacht. Solche Oefen von Reaumur angegeben, wurden nach und nach erhöht, erweitert, mit einem Gebläse versehen und es entstanden die heute im Gebrauche befindlichen Kupolöfen. Der Name rührt wohl von dem Italienischen, Cuppolo = Kuppel her, weil kleinere Schmelzöfen mit einer durchlöcherten Thonkuppel, zum Zwecke des Rauchabzuges, bedeckt wurden. Die Kupolöfen haben eine sehr verschiedene Gestalt, die älteren entsprechen in ihrer innern Form den Eisenhochöfen, während die neuern zumeist annähernd walzenförmig sind, d. h. mit einer geringen Verjüngung nach oben, weil diese das Hängenbleiben der Beschickung verhindert. Der Mantel war früher gewöhnlich in Mauerwerk erstellt, besteht aber jetzt meistenteils aus Eisenblech; auch hat man wohl den ganzen Schacht aus einer Anzahl von aneinander gestellten, mit feuerfesten Steinen ausgemauerten Blechringen aufgebaut. Diese Schachtteile sind etwa 0,70—1,00 m hoch, haben ineinander greifende Zapfen und Oehren und lassen sich mit einem Flaschenzug leicht abheben, um die beschädigten Teile auszubessern oder durch Reservestücke zu ersetzen. Die Höhe eines Ofens geht von 2,00—3,50 m bei einer Weite von 0,50—1,80 m; dies bei Betrieb mit Koks, für Holzkohlen können die Maße um $^1/_3$ größer angenommen werden. Die Oefen stehen entweder unter einem Rauchfang, ähnlich demjenigen eines Küchenherdes oder haben, wie die englischen, in der Fortsetzung des Schachtes eine Esse, welche frei in die Luft ragt und oftmals auch noch eine Regulierklappe zur Regelung des Zuges hat. Sie sind im weiteren mit einem Gebläse versehen, haben einen Eisenabstich wie der Hochofen und zum wenigsten die größeren auch einen höher gelegenen Schlackenabstich. Bei vielen Oefen findet sich noch eine feuerfeste Kammer angebaut, welche durch eine auf der Ofensohle gelegene Oeffnung mit dem Innern des Ofens in Verbindung steht und als Sammelraum für Schlacken und flüssiges Eisen dient; der Abstich erfolgt alsdann von dieser Kammer aus. Eine Erwärmung des Gebläsewindes hat auch hier, wie bei den Hochöfen, eine Ersparnis zur Folge, doch darf man nicht über 200° vorwärmen, weil sonst die Hitze im Innern des Ofens zu sehr stiege. Früher legte man wohl mehrere Düsen für den Wind übereinander, um je mit dem Steigen des flüssigen Metalles bei dem Zustopfen der unteren Windöffnung durch eine höher gelegene Düse blasen zu können. Auf diese Weise konnte man in dem Ofen wohl mehr Eisen ansammeln, doch ist die Einrichtung umständlich. Jetzt führt man den Wind durch eine Hauptröhre in einen den Oefen umgebenden Kanal und läßt ihn von hier aus durch 6—8 Oeffnungen, welche zweireihig übereinanderliegen, in das Innere gelangen. Hat man alsdann größere Eisen-

mengen nötig, als der Ofen bei einem Abstich liefert, so sammelt man das Metall in einem mit Lehm ausgestrichenen Kessel und deckt mit Kohlenlösche. Das Eisen kann so ganz wohl eine Stunde lang flüssig erhalten werden. Neuere Oefen werden meist nach der von dem Engländer Ireland angegebenen Weise gebaut und heißen deswegen auch Irelandöfen. **Fig. 14** zeigt eine derartige Anordnung. A ist der Schacht, B das Gestell, C die Esse, D der Sammelkasten, dieser ist an seiner vorderen Seite durch eine mit Steinen gefütterte Eisenthüre verschlossen. In der Thür selbst befindet sich die Abstichöffnung, das Eisen tritt in die mit Lehm ausgeschlagene Rinne und kann in den Gießkübeln bequem aufgefangen werden.

Das Aufgeben der Gichten geschieht bei der Oeffnung a und ist der Ofen hierfür auch mit einer Gichtbrücke und einem Aufzug, wie bei dem Hochofen, versehen. Bei einem Kupolofen kommt das Roheisen mit der Luft und dem Brennstoff in unmittelbare Berührung und ist deswegen mehr Umwandlungen als bei dem Einschmelzen in Tiegeln ausgesetzt; es ist daher stets eine sorgfältige Erwägung aller jener Umstände geboten, welche es möglich machen, ein Eisen von der gewünschten Sorte durch das Schmelzen zu erzielen. Außer dieser Rücksichtnahme ist der Betrieb des Kupolofens sehr einfach und bietet dabei die große Bequemlichkeit, daß stets flüssiges Eisen vorhanden ist, weil die Schmelzung sehr rasch verläuft. Ein Beispiel, der Wirklichkeit entnommen, zeigt am besten die Art und Weise wie der Betrieb erfolgt, und welche Ergebnisse derselbe liefert. Ein Irelandofen, schachtförmig 3,50 m hoch bei 0,85 m unterem und 0,75 m oberem Durchmesser, wurde bei einer Füllung von 400 kg Koks nebst 1750 kg Massel- und Brucheisen angeblasen, derart, daß in Zwischenräumen von 8 zu 10 Minuten die Gichten, bestehend in ca. 32 kg Koks und 500 kg Eisen, aufgegeben wurden, ganz je nachdem das Niederschmelzen erfolgt war. Nach Verfluß der Arbeitszeit waren verbraucht 20600 kg Eisen mit 1364 kg Koks und in jeder Stunde konnte der Ofen 4120 kg Eisen bei einem Koksverbrauch von 6,6 Prozent schmelzen. Der mittlere Durchmesser dieses Ofens ist 0,80 m und der Querschnitt daher 5026 qcm groß. Auf 1 kg des in einer Stunde niedergeschmolzenen Eisens kommen also 1,22 qcm Schachtquerschnitt und dies trifft zusammen mit der allgemeinen Annahme, daß pro 1 kg Eisen 1,00 — 1,25 qcm Fläche zu berechnen sei. So rasch nun die Gichten niedergehen, ebenso rasch kann auch das geschmolzene Eisen dem Ofen entnommen werden und man hat daher solches eigentlich jeder Zeit für den Guß in Bereitschaft. Dies aber ist ein Umstand, welcher in Bezug auf die zweckmäßige Ausnutzung der vorhandenen Arbeitskräfte stets von hohem Werte bleibt. Als Brennmaterial dient für den Kupolofen gewöhnlich der Koks, obgleich die Holzkohle ein vorzüglicheres Eisen gibt. Um die Schlacke leichtflüssiger zu machen, werden 2 — 3 Prozent Kalk als Zuschlag gegeben.

Der Abbrand des Eisens darf auf etwa 8 Prozent der eingeschmolzenen Masse angenommen werden. Das für ein Gußstück nötige Eisen läßt sich nach dem Gewichte des Modelles leicht berechnen, es ist für weiches Holz etwa um das 14fache, für hartes um das 9fache schwerer als dieses und für Gußeisen nahezu gleich demselben. Der Betrieb des Kupolofens erfolgt gewöhnlich nur zur Tageszeit und in der Weise, daß der Ofen je nur einen um den andern Tag zur Benutzung kommt. In der Zwischen-

zeit werden schlechte Stellen sorgfältig ausgebessert, so daß ein Neubau bei dieser Betriebsweise oft nur nach 1—2 Jahren nötig wird.

Die von dem Kupolofen abziehenden Gase führen ebenso wie diejenigen des Hochofens noch eine große Wärmemenge mit sich und sie werden deswegen wohl auch noch benutzt. Es geschieht dies zwar nicht allgemein, aber doch in einzelnen Fällen und zwar derart, daß man nur die freiwerdende Wärme ansammelt, nicht aber die Gase durch eine Verbrennung verwertet.

C. Flammofenguß.

Roheisen wird in Flammöfen umgeschmolzen, wenn es sich darum handelt, für den Guß schwerer und großer Stücke auf einmal mehr Eisen zum Gebrauche bereit zu haben, als dies bei der Benutzung des Kupolofens geschehen könnte; ferner stets dann, wenn von den zu fertigenden Stücken große Festigkeit und Dichte verlangt wird.

Im weiteren sammeln sich in jeder Gießerei im Laufe der Zeit fehlerhafte Gußstücke an, welche zerschlagen und umgeschmolzen werden müssen. — Bei kleineren Gegenständen ist das Zerschlagen mittels eines Fallklotzes leicht möglich, nicht aber bei den größeren Stücken. Um nun unverhältnismäßige Kosten für ein anderweitiges Zerkleinern zu ersparen, erbaut man daher auch für diesen Zweck eigene Oefen, welche die ganzen Stücke aufnehmen können. Solche Oefen sind die Flammöfen oder Zugöfen, so genannt, weil das Schmelzen durch ein Flammfeuer und durch den natürlichen Luftzug bewerkstelligt wird.

Die Oefen haben nämlich Rostfeuerung, die Flamme des rohen Brennstoffes wird über das einzuschmelzende Eisen geleitet, das flüssig gewordene Metall sammelt sich in einem Tümpel an und kann von hieraus wie bei einem Hochofen abgestochen oder mit Gießkellen ausgeschöpft werden. In dem Flammofen kommt der Brennstoff zwar nicht unmittelbar, wohl aber die Luft in eine um so innigere Berührung mit dem Eisen. Hierdurch wird der darin enthaltene Kohlenstoff mehr und mehr verbrannt; da nun kein neuer aufgenommen werden kann, erhält das Eisen eine gewisse Weichheit und Zähigkeit, die sehr erwünscht ist und die bei dem im Kupolofen umgeschmolzenen Metall fehlt. Wird aber die Einwirkung der Luft nicht zeitig unterbrochen, so schreitet die Entkohlung zu weit vor und das Eisen gestaltet sich dick und schwerflüssig.

Es kommt also ganz auf die richtige Zeit an, welche zur Niederschmelzung des Einsatzes in Betracht fällt; Flächeninhalt des Rostes, Form des Ofens, Weite und Höhe des Rauchkanales, Natur des Brennstoffes rc. sind hierfür maßgebend.

Fig. 15 zeigt einen solchen Flammofen nach der älteren Bauart. — A ist der Rost, B der Schmelzherd oder die Bühne, welche durch Luft (a) gekühlt wird, C die Esse. Rost und Schmelzherd sind überwölbt, die Heizung geschieht seitlich bei D, ebenso das Einbringen des Eisens bei E, der Herd ist geneigt nach F und hier auch die Abstichöffnung angebracht; zuerst fließt das Eisen ab und alsdann die wenige Schlacke. Die neueren Oefen sind häufig derart angeordnet, daß die Bühne nach dem Rost zu fällt und zwischen diesen beiden der Tümpel liegt, der Abstich ist alsdann seitlich

angebracht. **Fig. 16.** G bildet hier einen Vorherd zum Anwärmen des Eisens. Als Brennstoff dient Steinkohle, Braunkohle und Torf. In einem größeren Flammofen können 12—15 Tonnen Eisen in $3^1/_2$—4 Stunden eingeschmolzen werden, bei einem Verbrauch von 50—100 Prozent an Steinkohlen. Der Eisenverlust beträgt bei dieser Schmelzung etwa 8 bis 12 Prozent des Rohstoffes.

Wo ein geeigneter Brennstoff billig zu haben ist, stellt sich der Betrieb eines Flammofens nicht ungünstig. Dies wird aber in den wenigsten Fällen stattfinden und seitdem man die Kupolöfen größer und höher baut, hat der Flammofenbetrieb deswegen auch eine bedeutende Einschränkung erlitten. Da, wo derselbe nur für die erwähnten Ausnahmefälle nötig wird, bleibt er unvorteilhaft, weil natürlicherweise ein ununterbrochener Betrieb nicht stattfinden kann und ein Anheizen für das ein- oder zweimalige Niederschmelzen des vorhandenen Abgang Eisens eine bedeutende Brennstoffmenge verlangt. Nach beendetem Gusse muß der Ofen sodann auch wieder sehr sorgfältig und langsam erkalten, weil sonst Risse und Sprünge in dem Mauerwerk entstehen und diese stets zu kostspieligen Ausbesserungen den Anlaß geben.

3. Vergießen des Roheisens.

Wie bereits in dem Abschnitt: „Betrieb des Hochofens" kurz erwähnt wurde, wird das flüssige Eisen entweder durch eine Rinne in die Form eingeleitet oder mit Schöpfkellen vergossen.

Das nach den jetzt erwähnten Verfahren gewonnene flüssige Metall dient nun ausschließlich zur Erstellung von Gußstücken. Während man bei den Tiegelofenguß den Inhalt der Schmelzgefäße einfach in die Form entleert, muß dem Kupol- und Flammofen das Eisen, wie es bei dem Hochofen geschieht, in gewissen Zeiträumen entnommen werden. — Das flüssige Metall wird alsdann entweder in einer Sandrinne zu den Formen geleitet oder wenn diese, örtlicher Verhältnisse wegen, nicht nahe genug bei dem Ofen aufgestellt werden kann, in eigenen Behältern den Gießpfannen, zu denselben verbracht. — Die Gießpfannen sind aus Schmiedeeisen gefertigte Gefäße, welche der bedeutenden Hitze wegen mit Lehm ausgestrichen werden.

Zum Füllen von kleinen, in Kasten befindlichen Formen bedient man sich der Gießkellen, Gießlöffel oder Handpfannen, d. h. runden, tiefen Löffeln, welche an einem 1 m langen Stiele befestigt sind und etwa 20 kg Metall fassen.

Die Arbeiter füllen diese Kellen unmittelbar an dem flüssigen Eisenstrahl und können den Inhalt bequem in die Form entleeren. Größere Eisenmengen werden in der Gabelpfanne transportiert. Es sind dies Kessel mit dem 4—6 fachen Inhalte, welche in Gabeln hängen, von zwei bis vier Mann getragen werden und oft eigene Bewegungsvorrichtungen, z. B. ein Schneckenrad, für das bequeme Entleeren, haben. Zum Gießen der größten Gußstücke benutzt man entweder mehrere solcher Gabelpfannen oder die sogenannten Krahnenpfannen, d. h. Gefäße mit einem Inhalt von 1—2 Tonnen, welche in einem Krahnen hängend, durch maschinelle

Vorrichtungen gehoben, bewegt und entleert werden. Die Formen stehen in einem solchen Falle gewöhnlich im Kreise um die Hebevorrichtung. Dies geht jedoch nicht immer an, in ausgedehnten Räumlichkeiten liegt der Ofen oft zu weit von der Stelle entfernt, an welcher der Guß stattfinden soll und man hat daher auch fahrbare, größere Blechkasten zur Aufnahme des flüssigen Metalles. Die Kasten gleichen alsdann kleineren Eisenbahn-Güterwagen, sie fassen etwa 10 Tonnen Eisen, haben eine Abstichöffnung und können auf einem Schienengeleise leicht bewegt werden.

Bei dem Gießen selbst sind mancherlei Vorsichtsmaßregeln zu beachten. Zunächst ist darauf zu sehen, daß die auf dem Eisen schwimmende Schlacke stets sorgfältig zurückgehalten wird, um unganze Stücke zu vermeiden und es kann dies durch eine in die Gießpfanne eingehängte Schutzplatte geschehen, unter welcher das schwerere Eisen abfließt. Im weiteren muß die Form passend vorbereitet und genügendes Metall vorhanden sein dieselben auszufüllen, da bei einem Nachgießen sich die Teile nicht mehr miteinander verbinden würden.

Das Metall soll ferner mit dem richtigen Hitzegrade und der passenden Geschwindigkeit zum Einfluß gelangen, weil es sonst zu früh erstarrt, die Höhlungen nicht genügend füllt oder der Druck plötzlich zu stark würde und die Form zersprengen könnte. — Für größere Stücke sind überdies mehrere Einläufe anzubringen; diese selbst müssen wiederum an der richtigen Stelle stehen, damit nicht etwa vorspringende Teile durch den Eisenstrahl angegriffen oder weggeschwemmt werden können.

Das flüssige Eisen zieht sich bei dem Erstarren zusammen, es ist daher der Einguß zu erhöhen, damit ein Vorrat von Metall vorhanden ist und solches gleichzeitig durch sein Gewicht den innern Teil verdichtet, dies ist besonders bei jenen Gegenständen nötig, bei welchen eine erhöhte Festigkeit verlangt wird. Der sich auf diese Weise bildende Zapfen, Gießzapfen und bei schweren Stücken der verlorene Kopf genannt, wird nach dem Erkalten von dem Gußstück abgetrennt und wieder verschmolzen. Weiter ist bei dem Gießen noch Bedacht zu nehmen, daß die Luft, welche sich in der Form befindet, gut austreten kann; sie ist nämlich durch die Zersetzung der Feuchtigkeit des Formsandes, sowie durch die im Eisen eingeschlossenen Gasarten brennbar geworden und könnte sich von selbst unter Knall entzünden, wenn diesem Umstande nicht durch ein rechtzeitiges, absichtliches Entzünden vorgebeugt würde. Es müssen daher besondere Kanäle, Luftpfeifen, in den Hohlraum der Form reichend, hergerichtet werden, welche den Gasen den Ausgang gestatten um an der Mündung derselben zur Verbrennung zu gelangen. Immer bleibt das Füllen der Form durch die Rinne bei großen Stücken die bequemste Art den Guß zu bewirken, doch ist dies ohne besondere Einrichtungen nicht stets möglich.

Manche Gegenstände müssen z. B. der Festigkeit wegen derart gegossen werden, daß die Form aufrecht steht und um dies bewerkstelligen zu können, ist für dieselbe alsdann ein entsprechend tiefer Standort geboten. Es müssen deshalb hierzu besondere, vertiefte Gruben, die Damm- oder Gießgruben angelegt werden, welche ausgemauert und wenn nicht im Gebrauche, mit Eisenplatten überdeckt sind. — Geeignete Hebevorrichtungen ermöglichen es sodann, die Form einzusetzen oder auszuheben. — Das flüssige Eisen drückt auch stets auf die Seitenwände der Form, ist diese nun nicht in genügend starken Kasten von Holz oder Eisen eingefaßt, also auf eine andere Weise

gebildet, wie es auch vorkommt, so müssen die Wände derselben auf irgend eine Art verstärkt werden, um bei dem Einlaufen des Eisens dem entstehenden Drucke Widerstand leisten zu können. Solche Formen werden alsdann, nachdem sie in die Grube eingesetzt sind, mit Sand umgeben und dieser sorgfältig festgestampft, sie werden eingedämmt, während diejenigen mit einer hinreichend starken Umrahmung durch Streben in der richtigen Stellung erhalten werden können. Wie wir im folgenden sehen, geschieht die Herstellung der Gießformen auf eine verschiedene Weise, d. h. je nach der Natur des zu gießenden Gegenstandes kann für die Formwandung ein oder der andere Stoff zur Verwendung gelangen und es ist alsdann auch die Art der Wandbildung wiederum verschieden.

Unter gewissen Verhältnissen kann es daher auch vorkommen, daß man die Formbildung schon in der Grube selbst bewerkstelligt, welcher Umstand bei umfangreichen Stücken oft eine große Bequemlichkeit bietet. — In einem solchen Falle wird die Umwandlung der Form gewöhnlich aus einem schwachen Mauerwerk gebildet und alsdann dieser gemauerte Rahmen eingedämmt. — Gestatten es die einschlagenden Verhältnisse, daß unmittelbar aus dem Hochofen das Gießen von Gegenständen bewerkstelligt werden kann, so gilt das Gesagte auch für diesen Fall. Da hier bei einem Abstich stets größere Mengen von Eisen vorhanden sind, so bringt es die Natur der Sache mit sich, daß zumeist auch umfangreichere Stücke gegossen werden und die bereits besprochenen Anordnungen auch hier zur Anwendung gelangen. Kleinguß dagegen wird derart dargestellt, daß der Arbeiter seinen Eisenbedarf mit einer Gießkelle unmittelbar dem Vorherde entnimmt oder bei dem Fehlen einer solchen, diese aus einer größeren Gießpfanne oder einem Gießwagen anfüllt.

Wie es nun für die Herstellung der Form einer gewissen Geschicklichkeit und Erfahrung bedarf, so ist dies auch bei dem Eingießen des Metalles der Fall, weil durch ein ungeschicktes Vorgehen der ganze Guß in Frage gestellt werden kann. In dem Gießereibetrieb ist daher die Einrichtung derart getroffen, daß jeder Former die von ihm geformten Stücke auch selber vergießt. Ist das Eisen zum Gusse bereit, so wird ein Zeichen gegeben und der Former, welcher die Arbeit beendet hat, entnimmt seinen Eisenbedarf dem Abstich oder er hat bei großen Stücken die Verbringung desselben durch Hilfsmannschaft angeordnet und überwacht alsdann einzig das Eingießen.

Das Ausheben der gegossenen Gegenstände erfolgt je nach dem Härtegrad, den dieselben erhalten dürfen, entweder unmittelbar nach dem Gusse oder erst nach einem langsamen Erkalten desselben.

Das Vergießen des Eisens war im Altertum nicht bekannt. Wie schon in unsern geschichtlichen Daten erwähnt, stammt die älteste Mitteilung hierüber aus dem Jahre 1490 und es wurden zuerst nur kleinere Gebrauchsgegenstände und später Maschinenteile gegossen. 1773 wurde in England eine Brücke aus Gußeisen erstellt und 1780 auf der Eisenhütte zu Lauchhammer die erste Bildsäule in Eisen gegossen. Feinguß für Schmuck und als Hausgeräte wurde etwa 1820 in der königl. Eisengießerei in Berlin und auf der Sayner Hütte dargestellt. Wie sehr dieser Zweig der Gießerei früher gepflegt wurde, zeigt, daß man an letzterem Orte Busennadeln anfertigte, welche als Knopf die Nachbildung einer Stubenfliege in aller Feinheit aufwiesen. — Für Hochbauten fand der Eisenguß zuerst im Jahre 1851 bei

der Erbauung des Industriepalastes in London eine ausgedehntere Verwendung und er wird jetzt noch mit Vorliebe zur Erstellung derartiger Bauten verwendet.

4. Die Formerei.

A. Form und Modell.

Form wird in der Gießerei die Vorrichtung, d. h. der Hohlraum, zur Erstellung eines Gußgegenstandes genannt; formen heißt einen Hohlraum bilden, der diejenige Gestalt besitzt, welche für einen Gußkörper gewünscht wird. Die Massen, aus welchen die Formwände gebildet werden, sind in der Eisengießerei Sand, Kohlenpulver, Lehm und Metalle; geformt wird nach dem oder über das Modell, d. h. über einen Körper von der Gestalt des zu gießenden Stückes. — Die Form soll bei dem Wärmegrad des flüssigen Eisens unschmelzbar sein, in Berührung mit demselben keine Gase ausscheiden und alle Einzelheiten des Modelles scharf wiedergeben, damit ein Nacharbeiten an dem Gießkörper nicht nötig wird. Nach diesen Anforderungen wird die Formmasse zu wählen sein und es sind die schon genannten Stoffe, welche den Bedingungen zumeist entsprechen.

Die Modelle werden aus Holz, Metall oder Lehm gefertigt, sie sollen sich scharf ausprägen, bei einer etwaigen Aufbewahrung nicht durch den Einfluß der Witterung leiden und diejenige Größe haben, welche für einen Gegenstand durch das Schwinden des in Erstarrung übergehenden Metalles bedingt ist. Die Schwindgrößen sind durch die Erfahrung ermittelt, sie betragen bei dem grauen Eisen etwa $^1/_{125}$, bei dem weißen jedoch $^1/_{63}$ der Länge. Im weiteren muß das Modell je nach dem Gegenstand, der zu gießen ist, auf eine passende Weise sich in derartige Teile zerlegen lassen, daß dieselben aus der Formmasse leicht ausgehoben werden können, ohne den Abdruck zu beschädigen. Unterschneidungen desselben sind daher unzulässig und es ist im Gegenteil eine gewisse Verjüngung geboten.

Ist ein Gegenstand in seinen Einzelteilen gleichartig gestaltet (symmetrisch), so genügt es, einen solchen Teil durch das Modell darzustellen; man kann alsdann den Gußgegenstand nach dem Einzelstück formen und so als Ganzes gießen oder die verschiedenen einzelnen Gußstücke nachträglich durch mechanische Bearbeitung zusammenfügen. — Derjenige Arbeiter, welcher den Hohlraum für das zu gießende Metall bildet, heißt der Former und der Fertiger des Modelles der Modelleur.

Je nach dem Gegenstand, welcher zu modellieren ist, geschieht dies durch eigentliche Künstler, wie Bildhauer, Holzschnitzer ꝛc. oder durch Holz- und Metallarbeiter. Besitzt der Modelleur nicht die nötige Kenntnis, so ist es wiederum der Former, welcher einzutreten hat. Er muß angeben, wie die Teilung des Modelles erfolgen soll, welche Gestaltung sich überhaupt gießen läßt, welche Verjüngungen nötig werden, wie die einzelnen Teile zusammenzufügen sind, damit eine gewisse Haltbarkeit des gegossenen Gegenstandes erzielt wird. — Former und Modelleur sollen sich daher gegenseitig in die Hand arbeiten, Geschicklichkeit, Sachkenntnis und Erfahrung müssen sich einen. — Man ist in der Formerei jetzt so weit vorgeschritten, daß Stücke

bis zu 20 Tonnen Eisengewicht hergestellt werden können. — Je nach der Natur des Stoffes, welcher zur Formwandung benutzt wird, unterscheidet man die Sand-, die Masse- und die Lehmform. Wiederum nach der Art, in welcher die Formwandung den Hohlraum begrenzt, d. h. ob dies z. B. bei einer Seite nicht der Fall ist oder ob es allseitig erfolgt, unterscheidet man die Herd- und die Kastenformerei.

Im nachfolgenden beschränken wir uns darauf, das Wesentliche der Formerei zu besprechen ohne auf unbedeutendere Einzelheiten einzutreten.

a) Sandformerei.

Bei der Sandformerei wird die Form aus einem mageren, feinen, grünen Sande hergestellt, welcher, zweckentsprechend vorbereitet, durch einen nur geringen Feuchtigkeitsgehalt bildsam wird. Die Feuchtigkeit schadet nichts, weil das Metall dadurch nur ein wenig abgeschreckt wird, immerhin aber sich noch nachträglich bearbeiten läßt. Das Modell wird mit Sand umgeben, und nachdem dieser festgestampft ist, vorsichtig aus dem Lager gehoben. Der Abdruck bildet sodann einen Hohlraum, der mit flüssigem Metall kann ausgegossen werden. Wird diese Formgebung der Einfachheit und Bequemlichkeit wegen in dem Sande des Hüttenbodens und wie gewöhnlich auch vor dem Schmelzofen oder dem Herd vollzogen, so ist dies eine Herdformerei. Geschieht die Bildung des Hohlraumes, der besonderen Gestalt des Körpers wegen, in einem den Sand enthaltenden Kasten, so benennt man diese Art zu formen die Kastenformerei. Herdformerei ist nur für lange, flache, einseitig bearbeitete und wenig Dicke habende Gegenstände möglich, während für alle andern Arten der Kastenguß geboten ist.

Bei der Herdformerei wird der Sand des Bodens der Gießhütte, festgestampft, geebnet und das Modell eingedrückt. In der Kastenformerei sind die Kasten verschiedenartig gestaltete Rahmen aus Holz oder Eisen; das Modell wird in einen solchen eingelegt, wie schon gesagt, mit Sand umstampft, darauf ein zweiter Kasten gestellt, dieser wiederum ebenso behandelt und in demselben der Gießtrichter, d. h. die Eingußöffnung angebracht. Die Kasten passen genau aufeinander und lassen sich wiederum leicht trennen, um das Modell auszuheben. **Fig. 17** zeigt die Herdformerei, **Fig. 18** die Kastenformerei. In beiden Figuren ist A das Modell, in **Fig. 18** B und C der Gießkasten, a ist der Gießtrichter. Hohle Sachen werden wie in **Fig. 19** eingeformt, derart, daß der Hohlraum, welchen das Gußstück besitzen soll, auch mit Sand ausgestampft wird, denn die Form muß stets da ausgefüllt sein, wo der Gußkörper einen hohlen Raum einschließen soll.

Die Ausfüllung für einen solchen Hohlraum nennt man Kern, **Fig. 19** a, und dieser muß auf der Sandunterlage feststehen. Werden aber die Kerne im Verhältnis zu ihrem Durchmesser zu lang, wie dies z. B. bei Röhren der Fall ist, so fehlt denselben die genügende Festigkeit. Es werden deswegen solche lange Stücke liegend eingeformt, der Kern, unabhängig von der Form, über einem Gerippe aus Eisen, in Lehm gebildet, getrocknet, geglättet und alsdann fertig in den Gußkasten eingelegt. Der Kern darf sich nicht verschieben und die Enden müssen deswegen gesichert sein, was durch passende Einschnitte in dem Gußkasten geschieht.

Fig. 20 zeigt eine so hergerichtete Form für eine Röhre. A ist der Raum für den Guß, B und C sind die Formkasten, D ist der Kern. Bei einem großen Durchmesser wird auch der Kern hohl, d. h. nicht als massives Stück geformt. Der Ursprung der Sandformerei ist nicht bekannt, dürfte indessen auf das Ende des 18. Jahrhunderts zu verlegen sein.

b) Masseformerei.

Die Formen in Sand sind schnell, leicht und billig herzustellen, sie werden deswegen in allen den Fällen angewendet, in welchen die Eigennatur des zu vergießenden Eisens es gestattet und das etwas geringere Aussehen der fertigen Ware dies zuläßt. Bei all denjenigen Stücken aber, bei welchen man auf besonders scharfe Abgüsse sehen muß oder da, wo ein Zusammenstürzen der Form wegen der geringen Bindekraft des Sandes zu befürchten ist, wenn die Form nicht stehen will und auch stets dann, wenn dem Gußstück die natürliche Weiche und Zähigkeit des Roheisens erhalten werden soll, muß man den Masseguß anwenden. Die Formmasse, hier im besondern die Masse genannt, besteht aus einer geeigneten Mischung von Sand und Lehm und die Form selbst wird in den erwähnten Fällen nach ihrer Fertigstellung, um alle Feuchtigkeit zu entfernen, scharf ausgetrocknet. — Die Masseformerei geht stets im Kasten vor sich und unterscheidet sich daher von der Sandformerei in Kasten nur durch die Zusammensetzung des Stoffes für die Formwandung und der nachherigen Behandlungsweise der fertigen Form. Diese wird in besonderem Trocken- oder Darrofen entweder mittelbar der Wirkung oder unmittelbar der Flamme ausgesetzt und es geht schon hieraus hervor, daß nur eiserne Formkasten anwendbar sind. Wo es irgend thunlich ist, wird zur Erwärmung der Trocknungskammern eine abgehende Wärmequelle benutzt, wie dies z. B. bei dem Tiegelofen **Fig. 13** der Fall ist. Die Verbrennungsgase gehen hier in die mit Gestellen versehene feuerfeste Kammer B und entweichen durch die Esse C.

c) Lehmformerei.

Das Formen in Lehm ist die älteste Art der Formgebung; auf den Werken des Harzgebirges bestand sie noch ausschließlich bis 1766. Das Wesen der Lehmformerei liegt in der Kunst, nur aus freier Hand, mittels geeigneter Maschinen und der Schablone, den Umriß des darzustellenden Körpers zu bilden, wogegen dies bei der Sand- und Masseformerei meistens mittels eines Modelles geschieht. Während bei den letztern Arten, z. B. für hohle Gegenstände erst der äußere Umriß dargestellt und dieser durch eingesetzte Kerne beschränkt wird, verfährt man bei der Lehmformerei, **Fig. 21**, umgekehrt. Man bildet zuerst die innere Begrenzungsfläche, den Kern A, des Gußkörpers und nachträglich die äußere, den Mantel C. Der zwischen beiden Teilen liegende Raum heißt alsdann Modell, Hemd, Dicke oder Eisenstärke B. Um dieses freie Bilden der Hohlräume zu ermöglichen, wird natürlich für die Formwände ein sehr bildsamer Stoff verlangt und dieser ist der Lehm. Lehmguß findet seine Anwendung namentlich für Gegenstände, die nur einmal herzustellen sind, bei welchen eine Modellanfertigung also zu teuer käme und für große, gefäßähnliche Gegenstände wie Glocken, Kessel, Cylinder ꝛc., weil hier die Drehschablone D sehr

gut anwendbar ist. Das Verfahren bei Herstellung einer Lehmform ist etwa das folgende.

Der Kern wird auf einer Eisenplatte roh aufgemauert und bei großen Stücken, um Baustoff und Arbeit zu ersparen, sowie das Trocknen zu erleichtern, das Innere desselben leer gelassen. Dieser Rohblock wird sodann mit dem zubereiteten Lehm überzogen und die eine Begrenzungsfläche des Hohlraumes, gewöhnlich mit der Drehschablone, gebildet. Ist der Kern sorgfältig getrocknet, so wird er nachgearbeitet, geglättet, um das Kleben zu verhüten, mit feingesiebter Asche überstreut und sodann die Eisenstärke ebenfalls in Lehm aufgetragen. Nach deren Trocknung wird auch diese nachgebessert, mit Asche übersiebt und der Mantel überschlagen.

Der gleichfalls auf einer Eisenplatte sitzende Mantel, aus einem Gerippe von Eisen bestehend, um dem Lehm einen erwünschten Halt zu bieten, wird nach der Austrocknung gehoben, um die Eisenstärke ausbrechen zu können und alsdann wiederum genau in seine frühere Stellung niedergelassen.

Es hat sich auf diese Weise der Hohlraum für die Gußstärke gebildet, und das Eingießen des flüssigen Metalles kann durch die im Mantel angebrachten Gießtrichter erfolgen.

In **Fig. 21** zeigt die eine Hälfte die genannten drei Teile, die andere dagegen den Kern, die Eisenstärke und die Drehschablone.

Dies ist die früher üblich gewesene Art, eine Lehmform zu bilden. Sie wird auch jetzt noch angewendet bei all denjenigen Gegenständen, welche nach oben geschlossen und nach unten geöffnet sind, wie z. B. bei Vasen, Kessel, Glocken 2c., Verzierungen, Inschriften und dergl. lassen sich hier auf eine leichte und bequeme Weise anbringen.

Stücke, welche oben wie unten offen sind, können indessen weit einfacher geformt werden. Man fertigt Mantel und Kern aus freier Hand und setzt den letzteren, mittels einer Hebevorrichtung in den ersteren ein.

Beide umschließen alsdann auch den gewünschten Hohlraum und die Bildung, sowie das Ausbrechen des Hemdes fällt ganz weg.

Oefters gelingt es, nach beendetem Gusse, den Mantel unbeschädigt abzuheben, so daß er noch ein zweites Mal benutzt werden kann. Nicht so ist es bei dem Kerne der Fall, der stets zerdrückt wird, weil sich das Metall bei dem Erkalten zusammenzieht.

In neuerer Zeit ist man in dieser Art des Formens überhaupt recht weit gekommen, man hat sehr sinnreiche Maschinen gefertigt, welche das Formen von Zahnrädern, von Kammwalzen, sowie von Getrieben mit Winkelrädern 2c. 2c. ohne jegliches Modell sehr leicht machen und teilweise selbstthätig ausführen.

Das Formen kann alsdann mit diesen Hilfsmitteln ebensogut in Masse wie in Lehm erfolgen, so daß die eigentliche Lehmformerei hierdurch eine gewisse Beschränkung erfahren hat und zumeist nur noch da angewendet wird, wo die Drehschablone in Verwendung kommen kann.

Das Trocknen der bedeutenden Massen, welche in der Lehmformerei bei Bildung der Hohlräume ihre Verwendung finden, ist zeitraubend, mühsam und kostspielig. Wenn irgend möglich, werden Kern und Mantel behufs des Trocknens wohl nach der Darrkammer gebracht. Beide Stücke werden daher, wie erwähnt, auf einer Eisenplatte aufgebaut, welche mit dem Gerippe verschraubt ist, so daß das Ganze transportfähig wird. Mit großen Stücken kann indessen nicht ebenso verfahren werden. Die fertigen

Formen lassen sich gewöhnlich ihres bedeutenden Umfanges halber nicht in die Trockenkammer versetzen, sie würden des geringen Zusammenhaltens wegen auch keine Ortsveränderung ertragen und müssen daher an der gleichen Stelle, wo sie angefertigt wurden, wenn auch nur an der Oberfläche, nachträglich getrocknet werden. Es geschieht dies durch umgelegte und aufgelegte Holzkohlen, welche in durchlöcherten Eisenkasten oder auf Eisenblechen zur Verbrennung gelangen. Nur ein kleiner Teil des Brennstoffes kommt hierbei zur Verwertung und es läßt sich nicht leugnen, daß dieser Teil des Gießereibetriebes, die Formentrocknung, noch sehr der Ausbildung bedürftig ist. Dabei ist nicht zu verschweigen, daß bei der jetzigen Einrichtung der Trockenkammern die hierfür wünschbare Hitze auch nicht zu erzielen wäre.

Je nachdem das Gießen des Eisens in Sand- oder Lehmformen erfolgt, unterscheidet man auch die gegossenen Stücke als solche, welche vom Sand- oder Lehmguß herrühren.

Der letztere Ausdruck wird im besonderen für alle solche Ware gebraucht, welche in der aus freier Hand gebildeten Form entstanden ist, während Sandguß diejenigen Stücke in sich faßt, welche über ein Modell geformt wurden.

Die Bezeichnung ist somit, für das Wesen der Sache, hier nicht ganz zutreffend.

B. Formen auf mechanischem Wege.

Das Einformen in das Sandbett hat für jedes Einzelstück von neuem zu erfolgen, da mit dem Ausheben des Gusses die Form zerstört wird.

Um diese Arbeit für Gegenstände, welche in großer Menge darzustellen sind, abzukürzen, hat man auch Maschinen hergestellt, welche das Formen besorgen.

Sie bestehen in der Hauptsache aus einem beweglichen Kolben mit einer Kopfplatte, auf welcher der Gußkasten mit der eingelegten Modellplatte geschoben und gegen eine andere feststehende Platte angedrückt wird. Der Sandkasten zeigt alsdann den vertieften Hohlraum zum Einguß und bedarf nur noch eines auf gleiche Weise mit Sand eingepreßten Kastens als Deckel. Das Modell kann auch in zwei Teile zerlegt sein, so daß jeder der einzelnen Gießkasten den entsprechenden Hohlraum hat und beide für einen Guß nur zusammenzustellen sind.

Die Modellplatte ist doppelt vorhanden und während ein Arbeiter preßt, richtet der zweite eine Gußform vor. Eine vorhandene Betriebskraft oder eine Wassersäule bewirkt den Druck. Die Einrichtung, welche der Ziegelsteinpresse ähnlich ist, kann natürlich nur da mit Vorteil angewendet werden, wo es sich um eine Massendarstellung von massiven Gußkörpern handelt, wie etwa Bodenplatten, Roststäbe, Geschosse, Ofenteile 2c.

Der auf solchen Maschinen dargestellte Guß ist billig und entspricht den Anforderungen vollkommen, die Maschine braucht wenig Kraft, läßt sich leicht handhaben und kann durch einen gewöhnlichen Arbeiter bedient werden.

5. Schalen- oder Coquillenguß.

Einen Stoff zu Formen, in welche wiederholt und ohne besondere Vorbereitung immer von neuem gegossen werden kann, bietet das Eisen selbst; das eingegossene, flüssige Metall erleidet aber bei dem Erstarren eine Veränderung, es wird abgeschreckt und dadurch an der Oberfläche und bis auf einen gewissen Grad nach innen zu hart. Es beruht dies auf der Umbildung des grauen zu weißem Eisen, wie wir unter dem Abschnitt: „Roheisen" solches bereits kennen gelernt haben. Diese Eigenschaft der Metallformen benutzt man zur Erzeugung von Gußstücken, welche eine besonders harte Oberfläche haben müssen, wie z. B. Walzen für die Metallstreckerei, Schienenstücke, Räder für Bahnwagen ꝛc. Sollen nur Einzelteile eines Gegenstandes hart werden, so bildet man nur den betreffenden Teil der Form aus Eisen. Immerhin muß aber die Eisenform vorgewärmt werden, da im anderen Falle der Wärmeunterschied zu groß ist; ein Anwärmen bis auf 40° C. genügt zumeist. — Dieser Guß, der Hartguß genannt, hat seine Vorzüge, indessen auch seine Mängel. Wenn die Erkaltung nicht sorgfältig geregelt wird, so bildet sich auf der Außenseite des Gußstückes oft nur eine Rinde von hartem Eisen, die bei Erschütterungen abspringt und zur Entstehung von Löchern und Blasen die Veranlassung gibt. In diese setzt sich Wasser und die Zerstörung geht ungemein rasch vorwärts. Andernfalls, d. h. bei einer sorgfältigen Abkühlung, geht die weiße Schicht in die graue allmählich über, sie ist förmlich eingewachsen und daher von dem weichen Kern nicht zu trennen.

Fig. 22 und **23, Taf. III,** zeigen Querschnitte solcher Hartgußstücke.

Die Darstellung von Hartgußstücken hat in dem Gewerbewesen eine große Ausdehnung erlangt; es sind einzelne Werke, welche auch tadellose Waren nach dieser Richtung liefern und dabei die Hartrinde in beliebiger Stärke, genau nach Maß, erstellen.

6. Fertigstellung der Gußwaren.

Wenn die Gußkörper der Form entnommen sind, müssen sie von dem anhängenden Formstoff gereinigt und die Gußnähte, d. h. jene erhabenen Stellen, welche sich an den Stößen der Formkasten gebildet haben, durch Meißel und Feilen entfernt werden. Das Reinigen von dem Formsande geschieht durch Abbürsten mit Stahldrahtpinseln oder Stahldrahtbürsten.

In neuerer Zeit verwendet man hierzu auch das Sandstrahlgebläse. Ein solches besteht im wesentlichen aus einem geschlossenen Kasten, in welchen Wind derart eingeblasen wird, daß er auf einen Sandstrahl trifft und diesen gegen die zu putzenden Körper treibt. Diese liegen in einem Kasten, werden an der Winddüse langsam vorüber geführt und von dem Putzsand allseitig umspült. Nach der Reinigung werden die einzelnen Gußteile von

dem Schlosser zusammengesetzt und fertiggestellt, sie werden montiert. — Sind die Gußstücke zu hart und so spröde geworden, daß sie ein Bearbeiten nicht zulassen, so macht man sie weich, man adouciert oder tempert sie. Zu diesem Zwecke werden solche in besonderen Oefen, den Temperöfen, der Rotglühhitze, bei Abschluß der Luft, ausgesetzt und müssen sodann ganz allmählich erkalten. Der Abschluß der Luft wird durch Einbetten in einen schlechten Wärmeleiter wie Asche, Kohlenpulver, Lehm ꝛc. bewirkt.

Das Eisen zeigt hierauf in dem Bruche ein dunkles, graues Korn, besitzt Weiche und Zähigkeit und kann mit Feile, Bohrer und Meißel bearbeitet werden.

V.

Das schmiedbare Eisen.

---

1. Die Natur des schmiedbaren Eisens.

Die bisher besprochenen Eisenarten, dasjenige der ersten wie der zweiten Schmelzung, zeigen eine große Festigkeit gegenüber dem Zusammendrükken, weniger aber gegen die Einwirkung des Biegens und Drehens, sowie gegen Ausdehnung, Stoß und Schlag.

Die Mehrzahl der Gebrauchsgegenstände, welche wir in der Jetztzeit aus Eisen anzufertigen gewohnt sind, werden indessen gerade vorzugsweise in dieser Richtung beansprucht; das Roheisen wie das Gußeisen bleibt zu deren Anfertigung deswegen ungeeignet und es ist namentlich die erstere Sorte, welche, um für den gewünschten Zweck tauglich zu werden, daher eine Umänderung ihrer Eigennatur erleidet. Der heutige Stand der Technik gestattet es indessen nicht, diese Umwandlung etwa nachträglich an dem bereits gegossenen Gegenstand auf eine für alle Zwecke genügende Weise zu bewirken. — Die Veränderung des Eisens vorher zu bewerkstelligen und das Metall alsdann zu vergießen, geht ebensowenig an, weil eine neue Schmelzung einen erhöhten Wärmegrad verlangt und die etwa erzielten wertvollen Eigenschaften hierdurch wiederum verloren gehen würden. Es bleibt daher nur der einzige Ausweg, das umgeänderte Eisen auf eine andere Weise, als es durch ein Vergießen möglich ist, in die verlangten Gebrauchsgegenstände umzuwandeln und dies erfolgt durch eine mechanische Bearbeitung desselben. Eine solche aber ist möglich, weil ein Eisen, welches nach den im Eingang gestellten Bedingungen umgeändert, stets schwerer schmelzbar als das Roheisen ist, sich aber sodann in glühendem Zustande, teilweise auch im kalten, durch geeignete Werkzeuge und Vorrichtungen, z. B. mittels Walzen, Hämmern, Biegen 2c., ohne eine Schmelzung und ohne seinen inneren Zusammenhang zu verlieren, in gewünschte Formen bringen läßt.

Die Bearbeitung des Eisens im heißen, d. h. glühenden Zustande nennt man das Schmieden und jedes hierzu taugliche Eisen schmiedbares

Eisen. — Durch das Schmieden wird neben der Formänderung eine Verdichtung des Metalles in der Richtung des Druckes und eine allseitige Dehnung bewirkt. Die Schmiedbarkeit selbst wird durch verschiedene Einwirkungen bedingt. Als besonders einflußreich auf die Veränderungen, welche das Eisen erleidet, scheint dessen Gehalt an Kohlenstoff zu sein. Es darf nicht mehr als 2,3 Prozent davon aufgenommen haben, wenn es schmiedbar bleiben soll und wird um so schmiedbarer, je weniger darin enthalten ist, obgleich etwa 0,01 Prozent wiederum nicht fehlen darf, wenn es seine schätzbare Eigenschaft behalten soll. Roheisen enthält aber Kohlenstoff in größerer Menge. Um es in schmiedbares Eisen umzuwandeln, ist daher die Entfernung dieses Ueberschusses geboten und gleichzeitig auch diejenige der anderweitigen Beimengungen, welche ebenfalls die Schmiedbarkeit beeinträchtigen könnten.

Während man letztere Beimengungen soviel wie möglich zu entfernen sucht, bezweckt man dies bei dem Kohlenstoff durchaus nicht. Derselbe kommt nur in gebundener Form in dem schmiedbaren Eisen vor und verleiht demselben je nach der Menge, in welcher er vorhanden ist, auch sehr verschiedene Eigenschaften in Bezug auf Weichheit, Strengflüssigkeit, Streckbarkeit ꝛc. Kohlenarme Eisensorten besitzen z. B. die wertvolle Eigenschaft, daß einzelne Teile derselben in der Weißglühhitze sich durch Druck, d. h. Schlagen oder Pressen, wiederum zu einem Ganzen vereinigen lassen.

Eine solche Vereinigung nennt man Schweißen und diese wichtige Eigentümlichkeit, die z. B. nur noch das Platin mit dem Eisen teilt, die Schweißbarkeit. Sie beruht darauf, daß das Eisen in der Glühhitze, bevor es schmilzt, erst weich und teigig wie Wachs wird. Durch die Schweißbarkeit erhält die Schmiedbarkeit erst den vollen Wert für das Gewerbewesen, da in den meisten Fällen eine Vereinigung verschiedenartiger Teile, neben der Formgebung, geboten ist. Die Schweißbarkeit des Eisens ist um so leichter, je schwerer schmelzbar dasselbe ist und sie wird auch, je nach seiner Darstellungsweise, bis auf einen gewissen Grad durch diese beeinflußt. Ein Eisen kann schmiedbar sein, ohne daß es schweißbar wäre, während jedes schweißbare Eisen auch schmiedbar ist.

2. Die verschiedenen Arten des schmiedbaren Eisens.

Um die verschiedenen Eigenschaften des schmiedbaren Eisens vorteilhafter Weise ausnutzen zu können, stellt man auch verschiedene Arten desselben dar, d. h. solche mit weniger oder mehr Kohlenstoff, doch stets nur mit einem Gehalt bis zu derjenigen Grenze, welche überhaupt noch eine Schmiedbarkeit erlaubt. — Beide Arten schmiedbares Eisen haben vieles untereinander gemeinschaftlich, gehen daher auch wie das weiße und das graue Roheisen allmählich ineinander über, lassen sich aber doch durch eine besondere Eigentümlichkeit wiederum voneinander unterscheiden.

Die kohlenstoffreicheren Sorten, d. h. solche mit einem Gehalte von 0,65—2,3 Prozent Kohle, sind ursprünglich weich, besitzen jedoch das Vermögen bei einem raschen Uebergange von dem glühenden Zustande in den kalten sehr an Härte zuzunehmen, umgekehrt auch bei einer hierauf erfolgenden stufenweisen Erwärmung die große Härte zu verlieren und dabei entweder elastisch oder auch wieder so weich zu werden, wie sie es vor dem

5*

Härten waren. Diese wichtige Eigenschaft der besonderen Eisensorte, heißt die Härtefähigkeit derselben und sie wird, wie wir später sehen werden, in der Technik in ausgedehntester Weise benutzt.

Die kohlenstoffärmeren Sorten, d. h. solche mit einem Gehalte von 0,01 — 0,65 Prozent an Kohle besitzen diese Eigenschaft der Härtbarkeit nicht. Hiernach unterscheiden wir auch bei dem schmiedbaren Eisen zwei Hauptgruppen desselben, deren eine nicht härtbar ist und kurzweg Schmiedeeisen heißt, während die andere härtbar ist und Stahl genannt wird.

A. Schmiedeeisen.

Reines Schmiedeeisen besitzt in dem Bruche eine schöne lichtgraue bis silberweiße Farbe und kann bei einem Kohlenstoffgehalt von 0,25 — 0,50 Prozent in den gewöhnlichen Ofenfeuern nicht mehr geschmolzen werden; es ist nicht härtbar aber schmiedbar, sowie schweißbar, dabei weich und dehnbar; ursprünglich von körnigem Gefüge, wird es durch die Ausdehnung zu Stangen sehnig oder faserartig. Längere Zeit Erschütterungen ausgesetzt oder kalt gehämmert, verliert es die letztere Eigenschaft und wird, ohne scheinbar an Zusammenhang zu verlieren, wiederum körnig und dadurch brüchig. — Die Anwesenheit derjenigen zufälligen Bestandteile, welche das Roheisen verunreinigen, ist auch für die Natur des Schmiedeeisens nachteilig. Es wird durch Phosphor bei 0,7 — 1 Prozent in der Kälte spröde, kaltbrüchig, durch Schwefel schon bei 0,01 Prozent in der Hitze mürbe oder rotbrüchig. Kieselerde bei mehr als 0,05 Prozent macht es, wie auch die Beimengungen von Kupfer, Antimon, Zinn ꝛc., sowohl in der Wärme wie in der Kälte mürbe und spröde oder faulbrüchig. Das Schmiedeeisen verliert durch anhaltendes Glühen bei freier Luft an Festigkeit, es wird verbrannt; ebenso verliert es an Festigkeit durch etwa noch beigemengte Schlacke, in welchem Zustande es als unganz bezeichnet wird.

Bei dem Glühen überzieht sich das Schmiedeeisen mit einer Oxyddecke, dem Glühspan, Hammerschlag, Zunder, Eisensinter (Eisenoxyduloxyd), der hierdurch, wie überhaupt der bei jeder Erhitzung, entstehende Verlust oder Abgang, heißt der Abbrand. In Gegenwart von Feuchtigkeit und Luft bildet sich der zu seiner vollständigen Zerstörung den Anlaß gebende Rost (Eisenoxydhydrat). Die Farbe und der Glanz des Schmiedeeisens stehen in innigem Zusammenhang und auch in solcher Beziehung zu dessen Weichheit, Dehnbarkeit und Zähigkeit, daß der Bruch ein untrügliches Zeichen für die Natur des Metalles geben kann. Das Eigengewicht des Schmiedeeisens schwankt zwischen 7,3 und 7,9, beträgt im Mittel gewöhnlich 7,6. Der Kohlenstoffgehalt geht zumeist von 0,02 — 0,65 Prozent. Die Weißglühhitze ist etwa 1500° C., die Schmelzhitze 2000°. Eine härtere, kohlenstoffreichere Sorte Frischeisen (0,5 — 0,65 Prozent), welche einen zackigen, körnigen Bruch aufweist und bei dem Schmieden sein eigentümliches Gefüge behält, bildet den Uebergang zu Stahl und wird Feinkorneisen benannt.

Sorten mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,02 — 0,2 Prozent sind von faserigem Gefüge und heißen sehniges Eisen.

B. Der Stahl.

Stahl teilt mit dem Roheisen die leichtere Schmelzbarkeit, er unterscheidet sich von dem Schmiedeeisen durch ein mehr körniges und zackiges Gefüge, je dichter, gleichartiger und feiner das Korn ist, um so besser ist auch der Stahl. Er läßt sich ebenfalls schmieden und die weniger kohlenstoffreiche Sorte auch schweißen.

Stahl vereinigt somit in sich die Vorzüge des Gußeisens mit denen des Schmiedeeisens. Seine Härte nimmt mit der Menge des Kohlenstoffes zu, dagegen die Schweißbarkeit und Festigkeit ab, immer aber verlangt er in dem Feuer eine sorgfältige Behandlung, damit eine Entkohlung nicht stattfindet. — Das Eigengewicht geht von 7,5 — 8,0, der Kohlenstoffgehalt gewöhnlich von 0,65 — 2,0 %. Die besten Sorten haben 1,4 — 1,5 %, die Schmelzhitze liegt zwischen 1700 und 1900° C. Die zufälligen Beimengungen üben den gleichen Einfluß aus, wie dies bei dem Schmiedeeisen der Fall ist. Stahl steht sonach in der Mitte zwischen Roheisen und Schmiedeeisen, ist aber härter als dieses und hiernach sehr geeignet für alle Zwecke, bei denen eine größere Widerstandsfähigkeit verlangt wird, als diese dem Schmiedeeisen eigentümlich ist. Die wichtigste Eigenschaft jedoch, welche ihn nicht nur von allen Eisensorten, sondern auch von allen andern Metallen unterscheidet, ist, wie schon erwähnt, die ihm eigentümliche Härtbarkeit, welche ihn befähigt, von einem Zustande großer Weichheit in denjenigen einer bedeutenden Härte, einzig durch eine Wärmeveränderung überzugehen.

Diese ist es auch, welche dem Stahl vorzugsweise zur Darstellung von unzähligen Gegenständen, namentlich Werkzeugen, geeignet macht. Ohne ihn würden wir das Schmiedeeisen nicht erfolgreich bearbeiten können.

Die Herstellung solcher Werkzeuge erfolgt derart, daß man dieselben in weichem Stahle anfertigt, diesen nachträglich durch eine rasche Abkühlung in harten Stahl überführt und dem jetzt spröden Stahl durch eine zweite Anwärmung und Abkühlung die Härte gibt, welcher für einen gewissen Gegenstand als wünschbar erscheint. Hierfür muß das Werkzeug fix und fertig geschmiedet sein und bereits seine endgültige Form haben. Das Härten, Ablöschen, erfolgt sodann für gewöhnliche Gegenstände durch Eintauchen in kaltes Wasser, für feinere in Oel, Talg und Quecksilber. Hierdurch hat der Körper seine Natur umgeändert, er ist, um ein geeignetes Bild zu gebrauchen, von der Weichheit des Bleies in die Härte des Glases übergegangen und hat dabei auch dessen Sprödigkeit erlangt. Der ungehärtete Stahl biegt sich wie Schmiedeeisen, der gehärtete bricht wie Gußeisen. — Wird nun das gehärtete Stahlstück wiederum langsam erwärmt „angelassen“ und alsdann nach einem gewissen Grade der Erhitzung ein zweitesmal abgekühlt, so ändert sich nochmals dessen Natur, es erhält auf Kosten der übermäßigen Härte einen gewissen Grad von Federkraft und wird, etwa wie das Fischbein.

Bei dem Anlassen ändert das Metall seine Farbe und geht von Gelb, Gold, Braun, Rot, Violett allmählich in Blau über, entsprechend den Wärmegraden von 220°, 240°, 256°, 268°, 320° C.; über 360° verschwinden die Farben.

Nach dieser Farbenveränderung, die natürlich eine unendliche Zahl von Zwischenstufen enthält, läßt sich sonach jederzeit der Härtegrad des Körpers

beurteilen und man kann annehmen, daß bei einer strohgelben Farbe sowohl die Härte, wie die Elastizität, nebeneinander, den höchstmöglichen Grad erreicht haben. Das Erhitzen des weichen Stahles erfolgt entweder in dem offenen Holzkohlenfeuer oder in glühendem Sande, wohl auch in besondere Glühofen und in Thonkapseln, dasjenige des gehärteten Stahles ebenfalls in dem offenen Feuer, oder zumeist auf einer heißen Gußplatte. Das Erkalten wird auf einer die Wärme gut leitenden Unterlage bewirkt, wobei die Anlauffarben in umgekehrter Ordnung zum Vorschein kommen oder besser, durch Ablöschen. Da es stets Schwierigkeiten bietet, z. B. Stahlstücke von sehr zusammengesetzter Form, zum Zwecke des Anlassens, auf der Oberfläche gleichmäßig zu erhitzen, so benutzt man häufig Metallbäder von Zinn und Blei in bestimmter Mischung und bekanntem Schmelzpunkte. Der gehärtete Gegenstand wird so lange in dieses Bad eingelegt, bis er den Wärmegrad desselben angenommen hat und alsdann herausgehoben und abgelöscht.

Mit Hilfe eines solchen Metallbades läßt sich auch der weiche Stahl unmittelbar auf den Wärmegrad bringen, der nötig ist, ihn in elastischen Stahl umzuwandeln, so daß das Anlassen ganz wegfällt. Die Bereitung der Metallbäder ist jedoch umständlich und man zieht deswegen vor, die Stahlstücke wie angegeben zu behandeln, d. h. abzulöschen und anzulassen.

Die Anlauffarben haben in einer dünnen Oxydschicht, welche die Farben derselben zeigt, ihren Entstehungsgrund, sie sind also oberflächlich und verschwinden z. B. durch ein Abschleifen, ohne daß hiermit an der Natur des Stahles etwas geändert würde. — Die Zahl der Härtegrade des Stahles ist unbegrenzt; es ist je nach dem Verwendungszwecke der Rohstoff zu wählen und das Härten und Anlassen zu bewerkstelligen. Allgemein gültige Regeln lassen sich hierfür nicht aufstellen und die Erfahrung bleibt Lehrmeisterin. Grad und Dauer der Erhitzung, die mechanische Bearbeitung, Ablöschen und Anlassen des Stahles bilden eine eigene Kunst; wer sie nicht versteht, wird aus dem besten Rohstoff kein taugliches Werkzeug fertigen, während umgekehrt der erfahrene Arbeiter durch seine Geschicklichkeit einen geringen Rohstoff ganz wesentlich verbessern kann. — Die verschiedenen Stahlsorten werden wir in dem später Kommenden noch kennen lernen.

3. Die Darstellungsweise des schmiedbaren Eisens.

Wir haben in dem Vorhergehenden gesehen, daß es in der Hauptsache der Kohlenstoff ist, welcher die Schmiedbarkeit des Eisens bedingt; dieser ist in dem Roheisen in zu großer Menge vorhanden und muß daher aus demselben entfernt werden. Die einfachste Art der Entfernung des Kohlenstoffes ist das Verbrennen desselben und der Vorgang, welcher diese Verbrennung bewirkt, heißt das Frischen oder Entkohlen, das Erzeugnis, Frischeisen oder Frischstahl, im Gegensatze zu den unmittelbar aus den Erzen gewonnenen Eisensorten, dem Renneisen und Rennstahl. Wird bei dem Frischen das Roheisen bis zu demjenigen Grade erhitzt, bei welchem es nur weich und teigig wird, so erhält man als Ergebnis eine Sorte des schmiedbaren Eisens, welche Schweißeisen heißt; war die Erhitzung indessen soweit getrieben, daß das Roheisen vollkommen flüssig geworden, so nennt man diese zweite Sorte des schmiedbaren Eisens Flußeisen. Beide Eisenarten haben in der Hauptsache dieselbe Eigennatur, sie sind schwer schmelzbar und schmied-

bar, unterscheiden sich aber durch eine verschiedene Darstellungsweise und Härtbarkeit. Im weiteren können durch die beiden Arbeitsgänge sowohl Schmiedeeisen wie Stahl erzeugt werden, ganz einfach, je nachdem man die Entkohlung mehr oder weniger fortschreiten läßt.

Hiernach unterscheidet man deswegen auch bei dem Schweißeisen:

a) das Schweißschmiedeeisen,
b) den Schweißstahl

und bei dem Flußeisen:

a) das Flußschmiedeeisen,
b) den Flußstahl.

Jede dieser Unterabteilungen hat ihre besonderen Vorzüge, welche wir am besten bei der Schilderung der verschiedenen Darstellungsweisen kennen lernen.

A. Das Schweißeisen.

a) Das Herdfrischen.

Die Abscheidung der Kohle nebst den übrigen schädlichen Bestandteilen des Roheisens, erfolgt durch die Verbrennung bei dessen Erhitzung; diese aber kann wiederum auf zwei Arten bewirkt werden. Einmal kann der Brennstoff unmittelbar mit dem Metall in Berührung stehen, oder er kann getrennt von demselben verbrannt werden. Die erstere Vorrichtung hierzu nennt man ein Frischherdfeuer und den Vorgang selbst das Herdfrischen; bei der zweiten Art wird der Brennstoff in einem Flammofen verbrannt und man bezeichnet die Arbeit mit der Benennung Flammfrischen.

Der Wärmegrad eines Herdfrischfeuers ist zwar nicht so bedeutend, daß das Roheisen vollständig zum Schmelzen gelangen könnte, überdies ist es mit der Kohle in unmittelbarer Berührung und wird daher von dieser als Ersatz für den verbrannten Anteil auch stets wiederum einen neuen Teil aufnehmen. Die durch das Gebläse zugeführte Luft bewirkt indessen eine nahezu vollkommene Abscheidung der übrigen schädlichen Bestandteile und so kommt es, daß ein auf diese Weise erzeugtes schmiedbares Eisen doch stets von besonderer Güte ist, falls der Frischer die nötige Geschicklichkeit und ein geübtes Auge besitzt, zu jeder Zeit die Entkohlung zu leiten und zu beurteilen. Gerade in Beziehung auf das Letztere gibt es daher auch eine große Zahl von Frischweisen und wir beschränken uns darauf, nur das Wesen der Sache zu beschreiben. **Fig. 24** zeigt einen Frischherd in seiner einfachsten Gestalt. A ist der Schmelzraum, B das Gebläse, C die Esse und D der Rauchfang.

Der Herd wird mit Holzkohlen belegt, das Roheisen darauf gesetzt und Wind gegeben. Das Eisen schmilzt nun tropfenweise ab, kommt dabei mit der Gebläseluft in Berührung und sammelt sich auf der Herdsohle zu einem teigartigen Klumpen, der Luppe. Die Luppe wird abwechselnd zerstochen, aufgebrochen, gewendet und wieder der Wirkung des Gebläses ausgesetzt. Hierbei verbrennen oder oxydieren zunächst die schädlichen Bestandteile, auch ein Teil des Eisens und es bildet sich aus dem Sauerstoffe der Luft, dem absichtlich aufgestreuten Sande und dem Eisen eine besondere Art von Schlacke, die Frischschlacke. Diese ist bald mit den schädlichen Bei-

mengungen gesättigt, dabei leichtflüssig und wird abgelassen. Später entsteht eine eisenreichere und schwerflüssigere Sorte, die Garfrischschlacke oder Garschlacke, welche wegen ihres großen Reichtumes an verbranntem Eisen (Eisenoxydduloxyd) auf das in der Schmelzhitze befindliche Roheisen entkohlend einwirkt, es bildet sich dabei Kohlenoxydgas, welches entweicht. Die Eisenmasse, welche wiederholt aufgebrochen und durchgearbeitet wird, ist unterdessen immer zäher geworden, sie wird aus dem Feuer gehoben, unter einem schweren Hammer zu einem Kuchen bearbeitet und hierdurch die Schlacke, wie Wasser aus einem damit angefüllten Schwamme, ausgepreßt. Der Arbeiter beurteilt den Zustand der Luppe nach dem Widerstande, welchen das Brecheisen gefunden, nach der Beschaffenheit der Schlacke und nach dem Aussehen des Feuers.

Der Eisenkuchen muß sodann passend zerteilt werden. Die Teile kommen in einen eigenen Ofen, den Schweißofen, um hier glühend gemacht und zuletzt unter dem Schwanzhammer als Stabeisen ausgereckt zu werden.

Das Walzen ist für das Herdfrischeisen weniger gebräuchlich und es ist wohl nicht unrecht, anzunehmen, daß die sehnige Beschaffenheit desselben gerade durch das Hämmern erreicht wird. — Während des Hämmerns ist das Eisen der Luft ausgesetzt und dabei ohne anderweitige Berührung mit Kohle; derjenige Teil hiervon, welcher in dem Eisen noch eingeschlossen ist, wird daher auch verbrannt und dieses hierdurch um so weicher; ebenso werden die einzelnen Teile der Masse gewissermaßen verfilzt, d. h. innig ineinander getrieben.

Die Reinigung des Eisens von fremden Bestandteilen erfolgt wohl zumeist durch das Schmelzen, indessen dürfen diese Teile doch nicht in zu großer Anzahl vorhanden sein, weil sonst das Eisen überhaupt nicht mehr frischbar sein würde. Unterstützt wird die Reinigung durch verschiedenartige Zusätze, ähnlich den Zuschlägen des Hochofens, z. B. durch das Schafhäutlsche Pulver, bestehend aus Braunstein, Kochsalz und Thon. Die Arbeit ändert sich auch nach der Natur des Roheisens und es kommt am zweckmäßigsten die weiße Art desselben zur Verwendung, weil diese sich am längsten in dem teigigen Zustande erhält; Graueisen muß durch eine geeignete Vorarbeit hierzu umgewandelt werden. Diese Vorbereitung bezweckt, den Graphit in gebundenen Kohlenstoff überzuführen, was durch schnelle Abkühlung des glühenden Eisens erfolgen kann; die Arbeit selbst heißt das Feinen und das vorbereitete Eisen gefeintes Eisen. Soll nun Stahl dargestellt werden, so kommt es stets darauf an, die Entkohlung des Roheisens rechtzeitig zu unterbrechen; im allgemeinen wird nur weniger Hitze und weniger Gebläsewind gegeben, als dies für die Erzeugung des Schmiedeeisens nötig ist. Die Luppe, hier Stahlschrei genannt, zeigt eine verschiedene Güte, der äußere und beste Teil gibt den Edelstahl, der innere Teil ist roher und heißt die Mittelkühr.

Selten gelingt es, die Entkohlung und Reinigung des Eisens mit einem Niederschmelzen erfolgreich zu vollziehen, der geschilderte Vorgang muß öfters zwei oder dreimal wiederholt werden und hiernach unterscheidet man auch die Steirische-, Siegensche- oder Einmal-Schmelzerei, die Wallonische-, Schwedische- oder Zweimal-Schmelzerei und die Deutsche- oder Mehrmal-Schmelzerei. Zur Verwendung gelangt fast ausschließlich ein mit Holzkohlen erblasenes Roheisen in Blöcken von 120—150 kg.

Die Dauer des Verfahrens geht von $3^1/_2$—5 Stunden, bei einem Eisenabbrand von 25 Prozent und einem Kohlenverbrauch von 125—130 Prozent des Eisengewichtes. Auch zu dem Verfrischen wird nur Holzkohle angewendet und gewöhnlich nur die, eine geringere Hitze ergebenden, weichen Sorten. Dieser Umstand, d. h. der reine Brennstoff und der reine Rohstoff, verbunden mit dem öfteren Ausschmieden, bedingt wohl die Vorzüglichkeit des Herdeisens und des Herdstahles. In Bezug auf den Brennstoff gilt dasjenige, was wir bereits früher erwähnt haben; Holzkohlen werden nur in sehr günstig gelegenen waldreichen Gegenden billig genug erhältlich sein.

Diese Vorbedingung, bei einer mühsamen Arbeit und einem langsamen Verlauf des Prozesses ergibt, daß das Herdfrischen, bei allen anderweitigen Vorzügen, für eine Massenerzeugung durchaus nicht in Betracht gezogen werden kann.

Einzig auf den Zuwachs des Waldes angewiesen, wären, da der Jahresertrag von etwa 2,5 ha Waldbestand zum Frischen von 1 Tonne Eisen erforderlich ist, um dem heutigen Eisenbedarf zu genügen, unermeßliche Flächen hierfür nötig.

Wir sehen diese Art von Roheisenverarbeitung daher immer mehr schwinden, nur verhältnismäßig günstig gelegene Länder, wie Steiermark und Schweden, haben dieselbe beibehalten; sie versorgen mit ihrem Erzeugnis die übrigen Gegenden für alle diejenigen Fälle, wo Schmiedeeisen und Stahl von ausnahmsweiser Güte begehrt ist. Ein aus dieser Arbeitsweise hervorgegangener Stahl ist z. B. der berühmte steirische Sensenstahl, der für bestimmte Zwecke unersetzbar bleibt.

b) Das Flammofenfrischen.

Der hohe Preis der Holzkohlen drängte immer mehr dazu, für die Umbildung des Roheisens zu schmiedbarem Eisen, auch anderweitige Brennstoffe zu verwenden. Steinkohlen enthalten indessen immer mehr oder weniger Schwefel und da dieser schädlich auf das Eisen wirkt, war vor allem eine unmittelbare Berührung der beiden Stoffe für den Frischprozeß ausgeschlossen. Man ging daher dazu über, die Steinkohlen auf einem Roste zu verbrennen und bei der erzeugten Hitze die Schmelzung des Eisens zu bewirken; der dazu geeignete Ofen heißt Flammfrischofen. Die Erfindung des Flammfrischens geschah im Jahre 1784 durch den Engländer Henry Cort, sie erfuhr durch Baldwyn Rogers und Josef Hall im Jahre 1818 wesentliche Verbesserungen und muß als der erste Schritt zu der großartigen Entwickelung unserer heutigen Eisenindustrie angesehen werden. — Herdfrischen wie Flammfrischen haben den gleichen Zweck und der chemische Vorgang ist bei beiden gleich, nur wird derselbe jeweilig auf andere Weise eingeleitet.

In dem Flammofen wird das Eisen durch die Feuergase in einem flachen Bade umgeschmolzen, die Reinigung und Entkohlung aber dadurch erzielt, daß die mit den Gasen eindringende Luft, anstatt durch ein Gebläse nur durch Umrühren (puddling) mittels Haken, also durch eine mechanische Arbeit, mit der Schmelzmasse in Berührung gebracht wird. Nach diesem Rühren, Puddeln, heißt auch der ganze Arbeitsgang, der Puddelprozeß. Einen Puddelofen zeigt die **Fig. 25.** Er gleicht im wesentlichen dem Flammofen zum Schmelzen des Roheisens für Gußzwecke, nur ist der Herd-

boden ohne Gefäll und besteht aus Eisenplatten, welche durch Luft gekühlt sind. Um die Seitenwände desselben zieht sich ein durch Wasser gekühlter Kanal a. Seitlich oder am Fuchs befindet sich auch ein Schlackenabfluß. A ist der Arbeitsraum, B der Rost, C die Esse. Die Blöcke werden in D vorgewärmt und über die Feuerbrücke auf den Herd geschafft. Die Abmessungen des Ofens richten sich nach dem Brennstoff und der Größe des Einsatzes. Der Herd ist etwa für einen Einsatz von 300 kg Eisen je $1^1/_2$ bis 2 m lang und breit; dabei 0,25 m tief.

Die Rostfläche hat gewöhnlich $^1/_3$ der Herdsohle an Flächeninhalt; die Höhe des Gewölbes über dem Rost ist etwa 0,80 m. — Der ursprüngliche Cortsche Ofen hatte eine Herdsohle aus Sand, durch deren Einwirkung fortwährend eine Schlacke gebildet wurde, welche wenig eisenhaltig aber mehr kieselhaltig war (kieselsaures Eisenoxydul).

Da es aber hauptsächlich die eisenhaltige Schlacke (Eisenoxyduloxyd) ist, welche die Entkohlung befördert, so war es als ein großer Fortschritt zu bezeichnen, daß Rogers die eiserne Herdsohle und Hall deren Ausfütterung mit garer, zähflüssiger Frischschlacke einführte. — Die Nichtmetalle bilden nämlich mit dem Sauerstoff der Luft vorzugsweise saure, Metalle aber basische Verbindungen (hier Schlacke). Während nun bei dem Sandherd stets eine saure Schlacke entstand, welche leichtflüssig war und die Aufnahme der schädlichen Beimengungen des Eisens, namentlich diejenige des Phosphors, nicht begünstigte, findet das Umgekehrte bei dem Schlackenherde statt. Es bildet sich hier eine basische Schlacke, welche schwerflüssiger ist, die Unreinigkeiten gut aufnimmt und auch eine vollständige Entkohlung bewirkt. — Die erstere Art des Puddelns, das Trocken- oder Sand-Puddeln, erforderte daher einen schon passend gefeinten oder sehr reinen Rohstoff, um gutes schmiedbares Eisen zu liefern, während dies bei der zweiten Art, dem Koch-, Fett- oder Schlacken-Puddeln nicht der Fall ist. Nur die letztere Arbeitsweise ist daher jetzt noch im Gebrauch und durch passende Zuschläge von Frischschlacke, Hammerschlag, Walzensinter, altem Eisen rc. erhält man dabei, in ein und demselben Vorgange, ein tadelloses Erzeugnis. Der Betrieb erfolgt derart, daß die etwa auch schon in dem Ofenfuchs oder einem besonderen Ofen vorgewärmten Eisenblöcke auf die Herdsohle gebracht und wenn flüssig, durch Rührkrücken und Brechstangen mit der obenaufsitzenden eisenreichen Schlacke in innige Berührung gebracht werden; hierdurch erst erfolgt die Entkohlung. Die mit den Feuergasen einströmende Luft wirkt dabei nicht unmittelbar, sondern nur in der Weise, daß sie einen Teil des Eisens verbrennt, sie bildet Eisenoxyduloxyd, dieses ersetzt wiederum die Kraft der schon abgeschwächten Schlacke und die Entkohlung geht weiter.

Den Fortgang, sowie das Aufhören derselben, erkennt man an den aufsteigenden blauen Flämmchen von Kohlenoxydgas, sowie dem heftigen Aufwallen des Eisenbades; den Vorgang selbst nennt man deswegen das Kochen oder Rohfrischen und dieses dauert mit dem Einschmelzen etwa 40 Minuten. Mit der Beendigung des Kochens ist Stahl vorhanden und wenn man auf diesen arbeitet, muß der Entkohlungsprozeß hier unterbrochen werden.

Erst seit dem Jahre 1849 hat man gelernt, auch Stahl auf dem Wege des Puddelns darzustellen; denn eine Hauptschwierigkeit war überwunden, als man anfing die zur Verwendung gelangenden Steinkohlen vorerst zu waschen, um auf diese Weise den Schwefel auszuscheiden.

Bei der nahezu vollständigen Entkohlung des Eisens verschwinden die Flammen, das Kochen hört auf und man beginnt mit dem Garfrischen. Das Eisen ist unterdessen körnig geworden, die Körner treten zu Klumpen zusammen, welche nicht mehr gerührt, sondern nur mit der Spitze der Brechstange in der Schlacke hin und her bewegt werden können. Dieses Bewegen, das Umsetzen, bezweckt den Phosphor in die Schlacke zu treiben, da das Eisen diesen erst größtenteils nach seiner Entkohlung abgibt. Das Umsetzen wird einige Male vorgenommen und erhöht entsprechend die Güte des Erzeugnisses, weil hierbei $^4/_5$ des sämtlichen Phosphorgehaltes in die Schlacke übergeführt werden. Die lose zusammenhängende Masse wird jetzt in gleich große Teile zerlegt, diese aneinander gedrückt, d. h. zu einer etwa 30 kg schweren Luppe vereinigt und die Schlacke, wie bei dem Herdfrischen, unter einem schweren Hammer ausgepreßt. Noch warm kommt die Luppe sodann unter die Luppenwalze oder den Schwanzhammer, um zu einer Rohschiene verarbeitet zu werden.

Die Rohschienen werden nach dem Bruchaussehen sortiert, durch die Luppenschere zu kürzern, etwa 0,50—0,80 m langen Stücken zerschnitten, mit Draht umwunden, in einem Schweißofen in die Schweißhitze gebracht und sodann in die gewünschte Form ausgewalzt.

Ein derart hergerichteter Bündel heißt Paket, die Arbeit selbst paktieren.

Ist ein geeignetes Alteisen vorhanden, so kann dasselbe auf die gleiche Weise wiederum nutzbar gemacht werden, denn durch diese erneuerte Bearbeitung gewinnt das Eisen sehr an Güte.

An einem Puddelofen sind 2—3 Mann beschäftigt, es werden in 12 Stunden etwa 6—8 Einsätze verarbeitet. Für die Erzeugung von 6 Puddelöfen genügt etwa 1 Schweißofen zum Anwärmen der Pakete und an diesen schließt sich passend die Walzanlage. Der Betrieb der Oefen geht ununterbrochen 8—14 Tage, nach welcher Zeit das Mauerwerk ausgebessert werden muß.

Um einen Teil Roheisen zu verfrischen, braucht man 0,8—1,0 Teil Steinkohlen, wobei der Eisenabbrand etwa 10—15 Prozent beträgt. — Das Umrühren des flüssigen Eisens mit dem Haken ist eine sehr anstrengende Arbeit, sie verlangt einen hohen Grad von Muskelkraft und man hat deswegen versucht, hierfür mechanische Vorrichtungen anzuwenden oder das Mengen durch eine Drehung des ganzen Arbeitsraumes zu erreichen. Bis jetzt aber waren keine durchschlagenden Erfolge zu erzielen, so daß die Handarbeit noch bis heute besteht. Der drehbare Ofenherd von Pernat oder der walzartige Herd von Danks fanden nur äußerst wenig Eingang, wie überhaupt wesentliche Verbesserungen der Puddelprozesse seit Rogers nicht mehr aufzuweisen hatte. Etwaige Veränderungen in der Bauart der Flammöfen, die Benutzung der Abhitze, Kuppelung der Puddelöfen oder Verbindung derselben mit Schweißöfen, Wärmeherden, Einführung der Gasfeuerung rc. waren stets allgemeiner Natur und wurden in der Puddlerei wohl auch gelegentlich versucht und benutzt. Gebläsewind kommt nicht allgemein zur Verwendung; unter dem Rost herbeigeführt hat er den Nachteil, Kohlenstaub in das Eisen zu führen und dessen Güte zu beeinträchtigen; vorteilhafter erscheint es, denselben über der Feuerbrücke einströmen zu lassen, so daß er sich hier mit den Feuergasen vereinigt und eine vollständige Verbrennung derselben bewirkt.

Gegen den Herdprozeß gehalten hat der Flammfrischprozeß den Vorteil, daß die Kohle nicht in unmittelbarer Berührung mit dem Eisen steht und hierdurch die fremden Beimengungen sich leichter ausscheiden; ferner lassen sich jederzeit Proben nehmen, wonach der Gang der Umbildung bequem zu beurteilen ist. Das Puddeleisen ist weniger zähe als das Herdfrischeisen, da die Schlacke sehr verteilt liegt und sich daher auch nicht so leicht austreiben läßt; man kann annehmen, daß etwa 3 Prozent hiervon, sowie 1 Prozent an anderweitigen fremden Bestandteilen darin zurückgeblieben sind. — Im Vergleiche zu dem Herdstahl ist der Puddelstahl bedeutend billiger darzustellen, besitzt aber nie dessen Güte und besonders nicht dessen Härte, da er bei einem Umschmieden stets noch eingeschlossene Schlacke verliert und deswegen unganz wird. Immerhin lassen sich durch Verwendung der geeigneten Rohstoffe, durch einen passenden Ofenbau und mit Hilfe der hierauf geschulten Arbeiter, alle weichen und harten Stahlsorten erzielen, welche jeder andern Sorte von Rohstahl gleichstehen und auch wie diese verwendet werden können. Allerdings sind die erhaltenen Stücke nicht stets gleichartig und müssen daher nach dem Aussehen des Bruches sortiert werden.

Ungeachtet alles dessen hat die Darstellung des Puddelstahles sehr rasch einen bedeutenden Aufschwung genommen, da man begann, an Stelle des Schmiedeeisens den Stahl zu verwenden. — Unleugbar bleibt es, daß durch Einführung des Puddelns ein gewaltiger Schritt in dem Entwickelungsgange der Völker geschehen ist, denn gegenüber dem Herdfrischen war eine Massenerzeugung von Eisen möglich geworden, weil in der gleichen Zeit mit derselben Arbeit jetzt die siebenfache Eisenmenge erzeugt werden konnte.

Die allgemeine Verwendung des Eisens, die Erstellung des großen Eisenbahnnetzes, wäre ohne den Puddelprozeß um 40 Jahre später erfolgt und hiermit ist viel gesagt! Wo nicht besondere örtliche Verhältnisse für eine Beibehaltung der Herdfrischerei sprechen konnten, machte sich der Einfluß des neuen Verfahrens geltend und ihre Herrschaft war nach einem nahezu 600jährigen Bestande zu Ende.

B. Das Flußeisen.

a) Das Bessemerverfahren.

Bei der Bildung des schmiedbaren Eisens wird die Ausscheidung der Kohle und der schädlichen Bestandteile des Roheisens naturgemäß am vollkommensten und leichtesten erfolgen, wenn dasselbe sich in einem flüssigen Zustande befindet. Bei dem Puddelverfahren ist das nicht der Fall und wir finden daher das nach diesem Verfahren erzeugte schmiedbare Eisen auch stets mehr oder weniger verunreinigt, d. h. mit Schlacken durchzogen; es ist nicht in allen seinen Teilen gleichartig oder homogen.

Diese Gedanken waren es, welche den Engländer Henry Bessemer bewogen, auf eine andere Darstellungsweise zu sinnen und seine Bemühungen wurden auch mit Erfolg gekrönt. Das erste seiner hierauf bezüglichen Patente stammt aus dem Jahre 1855; er sagt darin, sein Verfahren beruhe im wesentlichen auf einem Durchblasen von Luft durch flüssiges Roheisen, zum Zwecke der Entkohlung und dem Ausgießen des Rohstoffes in Formen.

Bessemers Arbeitsweise erzielte 1860 auf dem Atlaswerk in Sheffield den ersten Erfolg; das neue Verfahren ward zunächst auf verschiedenen englischen Hütten, 1863 auch in Westfalen eingeführt und es ist seit dieser Zeit auf eine hohe Stufe der Entwickelung gelangt. Unschwer läßt es sich voraussagen, daß die Schweißeisenerzeugung durch diejenige des Flußeisens, bald ganz verdrängt sein wird.

Der Bessemerprozeß gehört ebenfalls zu den Frisch- oder Entkohlungsprozessen, die wir im vorhergehenden kennen gelernt haben, aber er ist diesen insofern überlegen, als die bei letztern zu dem Frischen nötigen Brennstoffe hier ganz wegfallen. Der in dem flüssigen Roheisen enthaltene Kohlenstoff, sowie etwa vorkommende anderweitige Beimischungen, kommen durch die eingeblasene Luft zur Verbrennung und entwickeln dabei mehr Wärme als nötig ist, um das entkohlte Eisen für das Ausgießen vollkommen flüssig zu erhalten. — Weitere Vorzüge aber liegen darin, daß der Vorgang selbst sehr rasch erfolgt, in der Hauptsache nicht auf einer mühsamen Handarbeit beruht und ein geringer Abbrand von Eisen sich ergibt. Wir haben daher bei dem Bessemerverfahren gegenüber dem Puddelprozeß als Vorteile: eine Ersparnis an Brennstoff, Zeit, Körperkraft und Eisen, zu verzeichnen. Ehe wir nun zu der Beschreibung des Bessemerverfahrens selbst übergehen, ist noch einiges bezüglich der chemischen Einwirkung der Luft auf das flüssige Eisen vorauszuschicken und zu erläutern.

Bei der Umwandlung des Erzes in Roheisen hat dieses außer dem Kohlenstoff, auch aus der Beschickung sämtlichen vorhandenen Phosphor und teilweise den Gehalt an Mangan, Kiesel, Schwefel ꝛc. aufgenommen. Es liegt nun in der Natur der genannten Körper, daß bei dem Einblasen von Luft in das flüssige Eisenbad immer zuerst der Kiesel, in zweiter Linie der Kohlenstoff verbrennt oder oxydiert wird, alsdann ein Teil des etwa noch vorhandenen Mangans und zuletzt auch das Eisen selbst. Die dabei vorgehenden Veränderungen geben in Verbindung mit dem Futter des Gefäßes, in welchem die Verbrennung stattfindet, stets die Veranlassung zur Bildung einer sauren Schlacke. Diese aber ermöglicht nicht die Aufnahme des für das Eisen so nachteiligen Phosphors, sie nimmt auch den Schwefel nur teilweise auf und deswegen war bis vor wenigen Jahren die Verwendung von phosphorhaltigem Roheisen bei dem Bessemerverfahren gänzlich ausgeschlossen.

Phosphor kommt bei dem Vorgang wohl auch zur Verbrennung, es bildet sich Phosphorsäure, aber diese wird durch die Kieselsäure der Schlacke, durch das zur Verbrennung gelangende Eisen und die Kohle wieder frei und verbindet sich mit dem flüssigen Eisen aufs neue. Wie man nun diesem Umstand begegnet, derart, daß jetzt auch eine Verwendung des phosphorhaltigen Roheisens möglich wird, werden wir nach Beschreibung des Arbeitsganges kennen lernen. Dieser selbst ist verhältnismäßig einfach.

Ein Gefäß von birnenähnlicher Gestalt, **Fig. 26a** und **26b**, die Birne oder der Converter A in Eisenblech, innen mit feuerfesten Steinen oder eben solcher Masse ausgefüttert, ist an zwei in einem festen Gestelle B B wagerecht liegenden Zapfen C C′ aufgehängt und um diese drehbar. Angeschraubt an dem Boden der Birne ist ein gußeiserner Kasten, der Windbehälter D, in welchen die Gebläseluft durch die Röhre E und durch den einen hohlgebildeten Zapfen C′ eintreten kann. Diese läßt sich in ihrem Zuflusse durch ein Ventil F regeln.

Aus dem Windbehälter gelangt die Luft durch eine Anzahl von in dem Boden der Birne befindlichen Düsen in diese selbst. An dem Zapfen C ist eine maschinelle Vorrichtung angebracht, welche, durch Dampf oder Wasser bewegt, es gestattet, die Birne mehr oder weniger zu neigen. Der Betrieb geht in der Weise vor sich, daß die Birne einmalig durch eingeschüttete Koks und Gebläsewind gehörig angewärmt, die Aschen- und Schlackenbestandteile sodann entfernt und flüssiges Eisen durch eine bewegliche Rinne aus dem Kupolofen oder dem Hochofen durch den Hals G eingeleitet wird. Hierbei war die Birne umgekippt und der Wind abgestellt, so daß das Eisen nicht in die Düsen eindringen konnte. Gleichzeitig mit dem Aufwärtsdrehen wird die Luft angelassen und tritt durch das Innere des flüssigen Metalles an die Oberfläche, um später als Kohlensäure oder Kohlenoxydgas zu entweichen. Der Einsatz beträgt 7—10 Tonnen Roheisen, die Birne hat einen Durchmesser von 1,5—2,0 m bei etwa 2,80—3,20 m Höhe.

Die Mündung von 0,50 m Durchmesser ragt unter einen Blechkamin zum Auffangen der Dämpfe. Die Wandstärke der Birne ist etwa 0,36 m, der Boden 0,45 m. Die Eisenstärke des Blechmantels 12—15 mm. Die Düsen sind Röhren aus gebranntem Thon mit 7—12 Löchern von 10 mm Durchmesser und werden derartige Röhren 7—13 Stück in die Masse des Bodens mit eingestampft. In 24 Stunden erfolgen etwa 28—30 Chargen, wobei der Eisenabbrand 10—12 Prozent beträgt.

Die beweglichen Birnen sind in England und Deutschland in Gebrauch, während in Schweden feststehende von etwas anderer Form, **Fig. 27**, benutzt werden. Dieselben haben einen um den Mantel liegenden Windkasten A, eine Abstichöffnung B und einen Einguß C. Der Hals D dient zum Abzug der Gase. Gewöhnlich arbeiten zwei Converter derart miteinander, daß der eine im Betrieb ist, während der andere ausgebessert wird.

Eine Birne hält ungefähr 80—100 Chargen aus und muß alsdann ausgebessert werden. Sinnreiche maschinelle Vorrichtungen gestatten es, die mächtigen Eisenmassen mit Leichtigkeit zu bewegen.

Während des Arbeitsganges lassen sich drei verschiedene Zeitabschnitte (Perioden) unterscheiden.

α) Die Schlacken- oder Feinperiode. In ihr oxydieren zunächst teilweise Kiesel, Mangan und Eisen; Graphit wird in chemisch gebundenen Kohlenstoff umgewandelt und nur ein kleiner Teil des Kohlenstoffes verbrennt zu Kohlensäure, um zu entweichen; es erscheinen daher auf der Oberfläche des Eisens nur kleine, schwach leuchtende, gelbrote Flammen; dabei beginnt die Schlackenbildung.

β) Die Eruption oder Kochperiode, Stahlbildungsperiode. Die Oxydation des Kohlenstoffes wird lebhaft, die in der vorhergehenden Periode erzeugte Verbrennungswärme muß daher so bedeutend sein, daß sie den durch die Kohlenoxydgasbildung entstehenden Wärmeverlust vollständig ersetzen kann, beziehungsweise noch ausdauert, um das Eisen flüssig zu erhalten. Es bildet sich durch das schon vorhandene Eisenoxyduloxyd mit der Kohle Kohlenoxydgas, dadurch wird das Eisen unter Poltern in die Höhe getrieben, es kocht. Eisen- und Schlackenteile werden herausgeschleudert, verbrennen an der Luft unter Blitzerscheinungen, die Flamme wird blau, dicht und immer heller. Jetzt ist gerade soviel Kohlenstoff ausgeschieden, daß das flüssige Metall den Stahl bildet.

γ) Die Garfrischperiode. Da der Kohlenstoff nahezu verbrannt ist, wird das Bad ruhiger, es verbrennt noch der Restbestandteil und dazu Eisen. Hierdurch wird der Wärmegrad wiederum erhöht und das jetzt gebildete Schmiedeeisen ist auch deswegen vollkommen flüssig.

Nachdem der Funkenregen aufgehört, die Flamme durchsichtig geworden und nicht mehr leuchtet, ist der Vorgang, welcher etwa im ganzen 30 bis 40 Minuten gedauert, beendet.

Diese drei erwähnten Perioden in dem Arbeitsgange eines Bessemerprozesses sind nicht scharf voneinander getrennt, sie haben eine verschiedene Dauer und sind auch je nach dem Rohstoffe nicht übereinstimmend in den äußeren Erscheinungen. Verschiedene Hilfsmittel, wie Beobachtung der Verbrennungsflamme durch gefärbte Gläser, ausgeschöpfte Proben und besonders die Erfahrung, lassen den Grad der Entkohlung mit ziemlicher Sicherheit erkennen, so daß man jetzt im stande ist, die verschiedenen Eisenarten, von der weichsten bis zu der härtesten Sorte, darzustellen. Man geht jedoch aus Zweckmäßigkeitsgründen gewöhnlich derart vor, daß man das Bad zuerst vollständig entkohlt und dann die genau bestimmte Kohlenstoffmenge wieder zuführt, weil hiermit zugleich noch anderes erreicht wird. Auffallender Weise nimmt nämlich das flüssige Eisenbad aus dem Gebläsewind, bevor noch die Entkohlung vollständig bewirkt ist, auch Sauerstoff auf, welcher entweder in Lösung oder in einer Oxydverbindung vorhanden ist. Der Sauerstoff beeinträchtigt die Schmiedbarkeit des Eisens und muß daher weggeschafft werden. Dies geschieht in der Weise, daß man zu Ende des beschriebenen Vorganges wiederum dem Eisenbade etwas in einem kleineren Ofen geschmolzenes Spiegeleisen oder zur Erzielung von ganz weichen Sorten, Ferromangan zusetzt, noch etwa eine halbe Minute Wind gibt und die Birne in die Formen oder Coquillen entleert. Durch diesen Vorgang, die Rückkohlung, wird allerdings das Metall auch kohlenstoffhaltiger, man erhält aus dem Schmiedeeisen wiederum Stahl, aber dies ist zumeist auch die Absicht. Bezüglich des Zusatzes von Ferromangan ist das Nachfolgende zu bemerken. Mangan wirkt leichter, schneller und besser auf die Entfernung des Sauerstoffes als die Kohle; in dem Ferromangan ist dieses mit dem kohlenstoffreichsten Eisen, dem Spiegeleisen, gemischt; jemehr Mangan nun in der Zusammensetzung ist, desto weniger Kohlenstoff hat die Masse im ganzen und dem Eisenbad wird auch bei der Rückkohlung um so weniger davon zugeführt. Man hat es daher auch ganz in der Gewalt, durch den Zusatz von Ferromangan die Desoxydation vollständig zu erreichen, ohne größere Mengen von Kohlenstoff zuzuführen, mit anderen Worten, es läßt sich auf diese Weise auch ein für viele Zwecke vorzügliches Schmiedeeisen erzeugen.

Das Metall ist, da die Entkohlung im flüssigen Zustande erfolgte, frei von allen Schlackenbeimengungen, daher sehr gleichartig oder homogen und führt deswegen auch den Namen homogenes Material.

Wir haben bereits erwähnt, daß die saure Schlacke den Phosphor gar nicht und den Schwefel nur teilweise entfernt. In dem Puddelprozesse konnte dies in den ersten Zeiten bei dem in Gebrauch gewesenen Sandherd auch nicht erfolgen und erst Rogers und Hall ermöglichten solches durch ihre Erfindungen. Genau denselben Verlauf hat der Bessemerprozeß genommen, indem die Engländer Thomas und Gilchrist auf eine ähnliche Weise seit 1876 diesem Uebelstande abhalfen. — Dieselben Erwägungen, die

Hall s. Z. leiteten, den Phosphor durch eine basische Schlacke abzuscheiden, führte sie zu einer basischen Ausfütterung der Birne. Hiermit war die Frage der Entphosphorung des Roheisens gelöst und zugleich eine Thatsache von großer volkswirtschaftlicher Bedeutung erledigt.

Die Handels- und Gewerbeverhältnisse drängten nämlich zu einer Massenerzeugung des Stahles, diese aber bedingte die Einführung des Bessemerverfahrens und solches erforderte wiederum reine, phosphorfreie Erze. Viele Länder, z. B. auch Deutschland, besitzen deren verhältnismäßig nur wenige und waren früher auf eine Einfuhr derselben (aus Spanien und Afrika) angewiesen; jetzt aber war dieser Bezug nicht mehr nötig und die phosphorhaltigen Erze erfuhren eine entsprechende Wertsteigerung. Wir beschränken uns darauf, diesen wirtschaftlichen Nutzen nur anzudeuten, denn es darf gesagt werden, daß die Verhältnisse der Eisenindustrie durch die Erfindung von Thomas und Gilchrist eine vollständige Umwandlung erfahren haben. Länder mit phosphorhaltigen Erzen, deren Gewinnungskosten nicht hoch zu stehen kommen, wie dies z. B. in Luxemburg der Fall ist, werden in den Vordergrund treten, während diejenigen, deren Erze rein, aber teurer zu beschaffen sind, ihren bisherigen Rang nicht mehr behaupten können. Betreffend das Verfahren von Thomas und Gilchrist an sich, bemerken wir, daß man die Futtersteine der Birne, statt aus einer kieselhaltigen Masse, hier aus Kalkstein, Dolomit, Thon ꝛc., also aus Metalloxyden, welche basischer Natur sind, anfertigt und vor dem Blasen auch noch solche Stoffe dem Eisenbad als Zuschläge beigemengt werden, um die Wirkung zu erhöhen, d. h. eisenreiche, basische Schlacke zu bilden. In Gegenwart einer solchen Schlacke wird der Phosphor sowohl unmittelbar durch die Luft, als auch durch das schon gebildete Eisenoxyduloxyd, verbrannt.

Diese Oxydation erfolgt indessen stets nach der Entkohlung, es ist ein Nachblasen deswegen hier nötig und dieses unterscheidet sich von dem schon erwähnten Nachblasen bei dem sauren Prozeß durch einen andern Zweck. Der hierdurch bedingte Mehrabbrand des Eisens kann auf weitere 4 bis 5 Prozent angenommen werden.

Die entstehende Verbrennungswärme des Phosphors wirkt noch als Brennstoff, um das Eisen flüssig zu erhalten, so daß sogar ein gewisser Gehalt desselben in dem Roheisen den Thomasprozeß begünstigt. Die Anfertigung der basischen Steine ist mit mancherlei Schwierigkeiten verknüpft, namentlich des Schwindens wegen; ihre Verwendung ist auch teuer, da die Abnutzung sehr groß ist. Indessen hat man hierin schon viel gelernt und macht noch täglich neue Erfahrungen, so daß die Einführung des sogenannten basischen Prozesses immer mehr Eingang findet, wenn auch z. Z. die hohen Patentgebühren, welche die Erfinder beziehen, der Sache noch hindernd im Wege stehen.

Viele Werke haben beide Verfahren aufgenommen und arbeiten nebeneinander, wie man zu sagen pflegt: sauer und basisch. Als Rohstoff für den sauern Prozeß dient das graue, kieselhaltige, phosphor- und schwefelfreie Roheisen, für den basischen Prozeß das weiße, phosphorhaltige Roheisen. Kiesel und Phosphor dienen hier als Brennstoff und die Wirkung verhält sich wie 5 : 7. Während daher früher der Wert eines Roheisens zum Verbessemern in umgekehrtem Verhältnis zu seinem Gehalt an Phosphor stand, waltet jetzt bei sonst gleichen Verhältnissen das Gegenteil. — Durch das Bessemerverfahren ist es es möglich geworden, in der gleichen Zeit wie bei

dem Puddeln eine 100 mal größere Menge Stahl herzustellen und dies mit der Hälfte der Kohlen bei etwa $^1/_3$ des früheren Arbeitslohnes. Diese Vorteile hat das Gewerbewesen bald erkannt; Puddelstahl gelangt daher nur noch in geringer Menge zur Darstellung und Eisen wird durch den Flußstahl ersetzt, weil dieser jetzt nahezu ebenso billig ist. Flußschmiedeeisen läßt sich nicht so leicht schweißen als Puddeleisen und ist dessen Herstellung daher auch nicht so ausgedehnt wie jene. Es ist nicht zu zweifeln, daß auch dies noch gelingen wird und für diesen Fall müßte der Puddelprozeß aufhören. Während man früher stets annahm, daß der Bessemerprozeß nur im großen und bei einer Massenerzeugung Betriebsvorteile bieten würde, ist man jetzt von dieser Ansicht insoweit zurückgekommen, daß man auch Birnen für einen kleineren Betrieb, z. B. mit 1—3 Tonnen Eisen zu erstellen sucht. Die Hilfsmaschinen zur weiteren Verarbeitung des Eisens sind nämlich nur zur Bewältigung der jeweiligen Eisenerzeugung eingerichtet. Durch die bedeutenden Eisenmengen, welche die großen Birnen liefern, wären daher ältere Werke, welche den Bessemerprozeß statt des Puddelverfahrens einführen wollen, zu einem vollständigen Umbau ihrer Anlagen genötigt, wenn nicht durch eine Verkleinerung des Converters das Gleichgewicht wieder hergestellt würde.

Man arbeitet daher auf der einen Seite lieber etwas unvorteilhaft, um auf der andern Seite die Kosten für Neubauten zu ersparen und es sind auch schon Erfolge in dieser Richtung erzielt.

Der fertiggebildete flüssige Stahl wird aus der Birne in einen vorgewärmten Gießkasten entleert und von hier aus in die Formen abgestochen. Größere Gegenstände können auf diese Weise unmittelbar in Guß erstellt werden, während derjenige Stahl, welcher später zum Zwecke des Schmiedens und Walzens verbraucht werden soll, in Ingots oder Rohstahlblöcke umgewandelt wird. Zum Gießen dieser Ingots hat man eigene gußeiserne Formen, Coquillen, welche bei verschiedenem Querschnitt etwa 1—1$^1/_4$ m hoch sind; diese Formen werden im Innern mit Steinkohlenteer und Graphitpulver ausgestrichen, auf Handwärme erhitzt und ebenfalls aus der Gießpfanne angefüllt. Nach kurzer Zeit ist der Inhalt erstarrt und der Stahlblock kann mit einem Hebekrahn der Form entnommen werden. Die Coquillen stehen dabei im Halbkreis in einer vertieften Grube und die Gußpfanne wird auf einer Drehbühne an diesen vorüber bewegt, oder sie werden in besonderen Wagen beigefahren und gefüllt, um sodann in einem eigenen Raume abzukühlen. Bei letzterer Anordnung werden die Arbeiter nicht so sehr durch die ausstrahlende Wärme belästigt.

Der flüssige, in die Coquillen gegossene Stahl besitzt eine sehr große Wärmemenge, bedeutend mehr, als man zu dem Walzen und Hämmern des Rohstoffes bedarf. — Diese Wärmequelle durch ein unmittelbares Verarbeiten nutzbar zu machen, war bis jetzt nicht möglich.

Die Schwierigkeit liegt darin, daß der sofort aus der Form genommene Block im Innern auch dann noch zu weich ist, falls die Außenseite schon so weit erkaltet, daß er unter die Walze gebracht werden kann; wenn dagegen der Kern genügend fest geworden, so ist wiederum die Oberfläche zu sehr abgekühlt.

Es blieb daher kein Ausweg als derjenige, den Ingot nahezu erkalten zu lassen und behufs der Verarbeitung wiederholt in einem geeigneten Schweißofen anzuwärmen. In neuerer Zeit hat man indessen diese früher verloren

gegangene Wärme auch derart ausgenutzt, daß man den Block sofort nach dem Gusse aus der Form löst, in gemauerte, vorgewärmte Gruben bringt und dort etwa 20—30 Minuten verkühlen läßt. Die überschüssige Wärme des Innern teilt sich der Außenseite mit, und da diese jetzt nur sehr wenig durch die Strahlung verliert, wird der Block gleichmäßig warm und kann nach Verfluß der genannten Zeit unter die Walze oder den Hammer gelangen.

Der Block strömt die durch den Guß gebildeten Gasarten aus, diese füllen die Grube und entweichen an dem Deckel; die Außenluft kann daher auch nicht eindringen, oxydierend wirken und dadurch die Güte des Rohstoffes beeinträchtigen. — Die ganze Stahlverarbeitung wird durch dieses Verfahren, das Durchweichen, sehr abgekürzt und dabei in den Fällen, bei welchen ein ununterbrochener Betrieb stattfinden kann, auch billiger gestellt. Es wird alsdann nur ein einmaliges, erstes Anwärmen der Durchweichungsgrube nötig, weil etwa in der gleichen Zeit, als der Ingot zum Durchweichen nötig hat, auch die Birne wiederum ausgegossen werden kann und so stets neuen Rohstoff liefert, der die verlorengegangene Wärme der Grube ersetzt. Ein berühmter englischer Hochofentechniker, Lowthian Bell, sprach, gestützt auf Berechnungen, den Gedanken aus, daß unter geeigneter Benutzung der Hochofengase es möglich wäre, ohne allen weiteren Brennstoff ein fertiges Stahlerzeugnis zu liefern; durch Erfindung der Durchweichungsgruben hat man sich dieser Ansicht bedeutend genähert.

b) Das Siemens-Martinverfahren.

Schon Réaumur, der berühmte Erfinder des Thermometers, zeigte 1722, daß es möglich sei, durch Zusammenschmelzen des kohlenstoffreichen Roheisens mit dem kohlenstoffarmen Schmiedeisen, Stahl zu erzeugen und benutzte hierzu den Tiegel. Der Tiroler Alois Obersteiner führte diese Art der Stahlerzeugung 1842 in Steiermark und Tirol ein, woselbst bis heute noch an einzelnen Orten danach gearbeitet wird. Das Verfahren bietet viel Bequemlichkeit, ist indessen, des großen Verbrauches an Schmelztiegeln und Brennstoff wegen, stets teuer, sowie es auch nur für kleine Verhältnisse paßt. Man sollte denken, daß die Massenerzeugung von schmiedbarem Eisen und Stahl, welche durch das Bessemerverfahren möglich ist, jede andere Darstellungsart desselben verdrängen müßte, aber dies ist nicht der Fall. Einmal können geeignete Abfälle beider Rohstoffe hier nicht vorteilhaft verwertet werden, weil nur weniges davon dem flüssigen Bade zugesetzt werden darf, anderenteils gewinnt das Metall durch ein Umschmelzen ganz wesentlich an Güte und wird für viele Zwecke weitaus tauglicher als dasjenige der ersten Schmelzung mittels der Birne. Dies die Gründe, warum die Tiegelschmelzung bis heute noch besteht.

Mit dem steigenden Eisen- und Stahlverbrauch wachsen auch die Abfälle der genannten Metalle und es war ein wirtschaftliches Gebot, sowohl auf eine vorteilhaftere Verwendung derselben zu sinnen, wie auch überhaupt den gesteigerten Anforderungen, welche durch den Tiegelguß nicht mehr genügend erreichbar waren, vollständig nachzukommen. Man versuchte daher die Schmelzung in einem Flammofen, ähnlich dem Puddelofen, zu bewerkstelligen, kam aber zu keinem Ergebnis, weil der nötige Wärmegrad nicht zu beschaffen war. Diese Oefen gaben nämlich im Verhältnis zu dem Brenn-

stoffverbrauch nur einen geringen Nutzen. Die Leistung derselben ist auch nicht durch einen entsprechenden Mehraufwand zu erhöhen und es ward erst möglich, eine Schmelzung zu bewerkstelligen, als man den Ofen nach anderen Grundsätzen erbaute und den Betrieb entsprechend einrichtete. Die Angaben zu einer geeigneten Bauart der Oefen verdanken wir den, um die Einrichtung von Feuerungsanlagen so hochverdienten Gebrüder Siemens und den französischen Stahlfabrikanten Gebrüder Martin gelang es zuerst, durch Auflösen von Schmiedeeisen in geschmolzenem Roheisen, mittels eines solchen Siemensofens, Stahl darzustellen. Hiernach benennt sich die Arbeitsweise als Siemens-Martin, oder kurzweg Martin-Verfahren und das Erzeugnis Martinmetall. Während bei dem Bessemerprozeß der in dem Eisen enthaltene Phosphor und Kiesel als Brennstoff dient, um das Bad flüssig zu erhalten, wird hier die Wärme von außen zugeführt und dies geschieht nicht durch Verbrennung eines festen Rohstoffes, sondern mittels Zuführung von brennbarem Gas.

Eine ältere Patentschrift von Siemens aus dem Jahre 1861 stammend, sagt über das Wesen dieser Heizung etwa das Folgende: „Anstatt den Brennstoff im eigentlichen Ofen zu verbrennen, verwandelt man denselben zuerst in brennbare Gase und entzündet die letzteren, nachdem sie mit einer genügenden Menge Luft gemischt sind, in dem Ofen. Gas und Luft sind mit der abgehenden Wärme, die man bei dem Austritt aus dem Ofen angesammelt hatte, genügend vorgewärmt".

„Um dieses zu erreichen, gebraucht man zwei besondere Einrichtungen, wovon die eine Generator (Erzeuger), die andere Wärme-Regenerator (Wiedererzeuger, richtiger Sammelraum) genannt wird. In der ersteren verwandelt sich der Brennstoff in brennbare Gase und in dem letzteren wird die abgehende Hitze aus den Oefen, welche sonst gewöhnlich verloren geht, aufgenommen, um sie sodann dem Gas und der Luft wieder zuzuführen, bevor dieselben in dem Ofen zur Verbrennung gelangen".

Zur Erläuterung des Gesagten bemerken wir das Nachstehende.

a) Der Generator ist ein kleiner Schachtofen mit Rost, auf welchem der Brennstoff in dicken Schichten liegt, mittels des Zutrittes der Außenluft oder beigeführten Gebläsewindes zur Verbrennung gelangt und somit dem zur Zimmerheizung gebräuchlichen Füllofen gleicht. Er ist oben durch einen mit Sand gedichteten Deckel geschlossen und die Verbrennungsgase werden seitlich, durch einen Kanal zu dem Verwendungsorte geführt.

Der Brennstoff verbrennt auf dem Roste zu Kohlensäure, wird wie bei dem Hochofen, während des Durchganges durch die oberen glühenden Schichten wiederum in Kohlenoxyd umgewandelt und gelangt als solches, gemischt mit dem unverbrennbaren Stickstoff der Luft, etwa in dem Verhältnis von 35 zu 65, in den Ableitungskanal.

Dieses Generatorgas läßt sich mit der Luft in beliebigem Verhältnis leicht vermischen, es bedarf zu seiner Verbrennung nicht eines bedeutenden Ueberschusses derselben, wie der feste Brennstoff; Unnötiges muß also nicht erwärmt werden und daher kommt der Vorteil der Anwendung eines gasförmigen Brennstoffes. Zudem können hierbei geringwertige Stoffe in Gas verwandelt werden und dies selbst kommt sehr heiß an den Verwendungsort, was noch weitere Ersparnisse bedingt. **Fig. 28** zeigt einen solchen Generator, A ist der Schacht, B der Rost, C der Ableitungskanal, D der Fülltrichter mit Sandverschluß, E sind Stochöffnungen. Solcher Generato-

ren sind, um den einzelnen nicht zu groß machen zu müssen, meist mehrere nebeneinander gelegt und gekuppelt.

b) Der Regenerator zur Ansammlung der Hitze behufs Vorwärmung des Gases und der Luft wird gebildet durch vier feuerfeste Kammern, welche mit einem Gitterwerk von feuerfesten Steinen derart ausgefüllt sind, daß noch genügend Raum für den Durchgang der Gasarten bleibt und diese hierbei den größten Teil der aufgespeicherten Wärme aufnehmen. Die Zuführung der Luft und des Generatorgases geschieht durch je zwei zu einander gehörige Kammern, während die Ableitung der sehr heißen Verbrennungsgase durch die beiden andern Kammern erfolgt. Ein Kammerpaar gibt daher stets die aufgenommene Wärme ab, während das andere Paar durch die Rauchgase angewärmt wird. Hat das erstere genügend Wärme abgegeben und das andere diese nahezu aufgenommen, so wird der Zu- und Abfluß gewechselt, er erfolgt umgekehrt und erzeugt die gleiche Wirkung.

Die Umstellung wird durch eine sinnreich erdachte Anordnung, die Wendevorrichtung oder den Wechsler, möglich gemacht. Durch eine einzige Hebelvorrichtung werden gewisse Ventile derart eingestellt, daß Luft und Generatorgase, sowie der Rauch in den gewünschten Weg eingeleitet wird; besondere Ventile, gleichfalls in dem Wendeapparat angebracht, dienen dazu, die einzulassende Menge zu regeln oder auch eine Absperrung aller Zuflüsse zu bewirken. Die Anordnung des Gitterwerkes der Regeneratorenkammern ist aus **Fig. 29** ersichtlich. Gegen die bei einem Flammofen, mit einem hohen Wärmegrad abziehenden Feuergase, werden solche hier durch die zeitweilige Umstellung der Führung so ausgenutzt, daß sie nur etwa mit 100° C. in die Esse treten; es kommt also nahezu die gesamte, bei der Verbrennung der Kohlen erzeugte Wärmemenge zur Benutzung und man erzielt daher eine große Hitze in dem Ofenraum, bei einem verhältnismäßig geringen Brennstoffverbrauch. Durch diese Art der Feuerung, die Gas- oder Regenerativ-Feuerung, ward es erst möglich, in einem offenen Herde, ohne Anwendung von Tiegeln, Stahl und Schmiedeeisen zum Schmelzen zu bringen. Der erste Generator oder Gaserzeuger wurde, wie schon erwähnt, 1842 durch den württembergischen Oberbergrat Faber du Faur in Wasseralfingen errichtet und die Benutzung der abgehenden Wärme durch die geschilderten Regeneratorenkammern, erfolgte auch schon 1848 durch Erikson; wenn somit die Gebrüder Siemens auch nicht als die eigentlichen Erfinder des Regenerativsystems anzusehen wären, so bleibt denselben doch das unbestrittene Verdienst, das Bekannte, vermöge einer vielseitigen Erfahrung nach wissenschaftlichen Grundsätzen zweckmäßig verwertet und den jeweiligen bestehenden Verhältnissen vorteilhaft angepaßt zu haben. Sie machten die Sache lebensfähig. Das erste Patent auf Regenerativgasöfen stammt aus dem Jahre 1856 und ist erteilt an Friedrich Siemens. — Die Regenerativfeuerung hat daher auch rasch eine vielseitige Anwendung gefunden, nicht einzig nur für hüttenmännische Zwecke, sondern auch in all den Gewerbszweigen, bei welchen es sich darum handelt, mit billigen Mitteln die höchsten Wärmegrade zu erzielen. Dabei wird durch die Reinheit der Flamme der Ofenbau sehr geschont und Ruß, Rauch und Asche können nicht vorkommen. — Die verhältnismäßig bedeutenden Anlagekosten dieser Oefen, gegenüber den gewöhnlichen Flammöfen können, weil es sich um einen dauernden Nutzen handelt, daher nicht wohl in Betracht fallen.

Das Wesen einer solchen Heizvorrichtung wird am besten aus der Grundrißzeichnung **Fig. 30** ersichtlich. Es ist A der Schmelzofen, B der Generator, C die Esse, D der Wendeapparat, a, b und c, d sind die beiden Kammerpaare. — Die Kanäle g, h und e, f leiten abwechselnd Gas und Luft zu, oder die Verbrennungsgase ab; i führt das Generatorgas zu, k die Verbrennungsgase ab und l ist die Einströmung für die Außenluft, m ist der Abstich für das flüssige Metall. Die Einrichtung des Ofens ist aus der Querschnittzeichnung **Fig. 31** zu ersehen. Der muldenförmige Schmelzherd A ist aus feuerfester Masse gebildet, er liegt auf starken dicken Gußeisenplatten, welche durch Pfeiler getragen sind und ist mit einem Gewölbe überdeckt.

Unter dem Herd befinden sich die Kammerpaare a, b und c, d; die Luftkammern sind mitunter etwas größer, als diejenigen für das Gas, da letzteres schon angewärmt ist. Der Schmelzherd ist zugänglich durch die Arbeitsöffnungen m und n; die Abstichöffnung liegt den Arbeitsthüren gegenüber.

Die Größe der Oefen wechselt mit dem Einsatz, welchen man der Arbeitsweise zu Grunde legt; er geht von 2—25 Tonnen Rohstoff, 7 bis 8 Tonnen ist jedoch das gewöhnliche. Mit der Größe des Ofens wächst die Dauer derselben und sinkt der bezügliche Brennstoffverbrauch, indessen wird auch die Arbeit beschwerlicher. Einem Ofen, der für das Einschmelzen von 7 Tonnen eingerichtet ist, entnehmen wir die nachstehenden Maße.

Aeußere Größe 5,25 auf 3,00 m bei einer Gesamthöhe von 1,85 über und 4,00 m unter dem Boden der Hüttensohle. Der Schmelzherd an sich ist 2,00 m auf 4,00 m bei einer größten Tiefe von 0,75 m. Jede der vier Kammern ist mit einem Flachbogen überwölbt, 1,50 m breit, 3,15 m lang und hat einen Rauminhalt von 10,90 m^3. Zwei Generatoren, getrennt von dem Ofen, doch in dessen Nähe stehend, liefern das Gas für den Schmelzofen, zwei andere, dasjenige für den nebenan gelegenen Vorwärmeofen. — Der Arbeitsgang ist etwa der folgende. Ein neuer Ofen wird mit eingelegtem Holzfeuer etwa dreimal 24 Stunden lang ausgetrocknet, ein schon gebrauchter nur von den Schlackenansätzen gründlich gereinigt und ausgebessert. Die Anheizung des neuen Ofens vermittelst Generatorengas bis zu der Schmelzhitze, nimmt auch etwa 3 Tage in Anspruch.

Der in dem Wärmeofen gut vorgewärmte Rohstoff, z. B. 10—15 Prozent phosphorfreies Bessemerroheisen und 60—70 Prozent desgleichen weiches und hartes Altmetall, werden auf den Herd gegeben, dort rasch zum Schmelzen gebracht und wenn dies geschehen, 15—20 Prozent vorgewärmte Blechschnitzel, in kleineren Massen, je nachdem die Auflösung erfolgt ist, unter stetem Umrühren dazu gegeben. — Oft auch wird, um das Frischen zu befördern, reines Eisenoxyd zugesetzt, denn es erfolgt in dem Ofen nicht nur eine Mischung des Eisens, sondern durch die Einwirkung der oxydierenden Flamme und der Schlacke, auch eine teilweise Frischung.

Ungeachtet des hohen Wärmegrades würde weder Stahl für sich, noch das Schmiedeeisen zum Flusse kommen, wenn nicht das leichter schmelzbare kohlenstoffreichere Roheisen vorhanden wäre und dieses, nachdem es flüssig geworden, soviel Hitze enthielte, um die Abfälle aufzulösen. — Durch die Aufnahme der Abfälle von Weicheisen wird das Bad selbst auch immer weicher, also strengflüssiger und der Wärmezufluß muß daher gesteigert werden, was eben nur bei der Regenerativfeuerung möglich ist.

Fortwährend werden mit einer Kelle Schöpfproben genommen, diese ausgegossen, geschmiedet, etwa auch gehärtet und nach dem Bruchaussehen beurteilt.

Wie bei dem Bessemerprozeß bereits beschrieben, erfolgt auch hier die Desoxydation und Rückkohlung durch Zusatz von Spiegeleisen und für ganz weiche Sorten, durch Beimischung von Ferromangan; die Schlacke muß von Zeit zu Zeit abgezogen werden. Hat nun das Bad die richtige Beschaffenheit, Gare angenommen, worüber man sich hier leichter und bequemer als bei dem Bessemerprozeß überzeugen kann, so schreitet man zu dem Abstich, d. h. es werden Ingots oder Façongußstücke hergestellt. Hierüber in dem Folgenden das Nähere.

Den Herd mit einem passenden basischen Futter zu versehen, ist bis jetzt noch nicht gelungen, es muß daher ein von Phosphor und Schwefel reiner Rohstoff zur Verwendung kommen; dies verbunden mit dem Umstand, daß nach den Schöpfproben, stets die Entkohlung beurteilt werden kann, ermöglicht es, durch den Siemens-Martinprozeß ganz vorzügliche Eisen- und Stahlsorten, genau nach dem verlangten Härtegrade darzustellen. Weichheit und Zähigkeit lassen nichts zu wünschen übrig, die Schweißbarkeit ist derjenigen des Bessemereisens weit überlegen. — Die Schmelzung des Einsatzes dauert etwa 8 Stunden, das Reinigen, Ausbessern und wiederholte Einheizen nimmt ebenfalls längere Zeit in Anspruch und sind hierfür 2 bis 4 Stunden zu berechnen. Der Abbrand des Rohstoffes kann zu 6 bis 10 Prozent und der Kohlenverbrauch auf 60 — 100 Prozent des Ausbringens angesehen werden. Ein Ofengewölbe mag etwa 230 Schmelzungen aushalten und ist sodann der Umbau nötig. Die Umschaltung der Gase erfolgt etwa nach 25 — 30 Minuten, je öfter dies geschieht, um so gleichmäßiger ist die Wärme.

Der Martinprozeß ist nun keineswegs für eine Massendarstellung von Eisen und Stahl geeignet, doch bietet er den großen Vorteil, geeignete Abfälle auf eine zweckentsprechende Weise verwerten und aus diesen mit aller wünschbaren Sicherheit, Sorten von bestimmter Güte darstellen zu können, noch zutreffender, als dies bei dem Bessemerverfahren möglich ist. Er darf somit gewissermaßen als eine Vervollkommnung oder auch Weiterbildung des Bessemerverfahrens angesehen werden. — Auf den Martinhütten stellt man jetzt zumeist Façonguß oder ganz weiches Eisen von 0,10 Prozent Kohlenstoff dar. Letzteres wird im besonderen zu Schiffsblechen, Draht, Ketten, Nieten und Nägel verarbeitet, weil es in allen Teilen von gleichmäßiger Festigkeit ist und die besten Sorten von Puddel- und Frischeisen übertrifft.

4. Die verschiedenen Stahlarten.

Durch das Bessemerverfahren, d. h. durch die Möglichkeit, den Stahl auf eine leichte, rasche und billige Weise zu erzeugen, sind alle die früheren Darstellungsarten desselben überholt und auch größtenteils aufgegeben.

Immerhin haben dieselben für das Gewerbewesen einen geschichtlichen Wert, einzelne der älteren Stahlsorten kommen auch jetzt noch zur Verwendung, oder es sind deren Namen doch noch im Handel gebräuchlich, wenn auch ganz andere Stahlsorten hierfür gelten müssen.

Der Vollständigkeit wegen geben wir daher in dem Nachstehenden einige Daten, sowohl über diejenigen Sorten, welche in früheren Zeiten im Gebrauch waren, sowie auch über solche, welche in der neuern Zeit neben dem Massestahl noch verwendet werden.

Wir erwähnen dabei, daß wir nur die hervorragenden Arten nennen können, daß deren Namen, teils von dem Erfinder, dem Darstellungsorte, der Fabrikmarke abgeleitet, oft aber auch ganz willkürlich gewählt sind.

Die Stahlsorten lassen sich von verschiedenen Standpunkten aus auch in die verschiedenen Unterabteilungen bringen und man unterscheidet:

A. Nach der Darstellungsweise.

a) Schweißstahl,
b) Flußstahl.

B. Nach dem Rohstoff.

a) Erzstahl,
b) Roheisenstahl,
c) Schmiedeeisenstahl.

C. Nach der Vervollkommnungsart.

a) Gärb-, Raffinier- oder Feinstahl,
b) Gußstahl.

D. Nach der Verwendung.

a) Instrumentenstahl,
b) Werkzeugstahl,
c) Masse- oder Maschinen-Stahl.

A. Unterscheidung nach der Darstellungsweise.

a und b) Schweiß- und Flußstahl.

Wir haben diese Unterscheidungsweise unserer Abhandlung zu Grunde gelegt und auch im näheren geschildert. Ein weiteres ist daher nicht beizufügen.

B. Unterscheidung nach dem Rohstoff.

a) Erzstahl.

Der Erzstahl wird unmittelbar aus dem Eisenerz dargestellt, indem man demselben den Sauerstoff entzieht und Kohlenstoff zuführt. Diese Reduktion und Kohlung der Erze erfolgt:

α) Durch die Rennarbeit, auf einem Gebläseherd und mit Holzkohlenfeuer, wobei der Stahl als ein eingeschmolzener Klumpen zum Vorschein kommt. Er heißt auch Erz- oder Rennstahl.

β) Durch Schmelzung des Erzes in niederen Gefäßöfen oder höheren Schachtöfen, vermittelst Holzkohlen. Dieser Stahl wird benannt: Wolfs-, Blase- oder Osemund-Stahl, Stahl nach Chenot, Renton, Clai.

Genannte zwei Hauptsorten heißen auch natürlicher Stahl.

b) Roheisenstahl.

Die Bildung des Roheisenstahles erfolgt aus Roheisen, dem der Ueberschuß von Kohlenstoff entzogen wird. Die Entziehung des Kohlenstoffes kann erfolgen entweder durch eine einfache Verbrennung desselben oder durch eine Verbrennung, unter der Mitwirkung von oxydierenden Stoffen. Wir unterscheiden daher zwei verschiedene Arbeitsverfahren.

Erster Arbeitsgang.

Kohlenstoffentzug durch eine einfache Verbrennung desselben erfolgt:

α) Bei dem Herdfrischverfahren,
β) „ „ Puddelverfahren,
γ) „ „ Bessemerverfahren,
δ) „ „ Siemens-Martinverfahren,
jedoch hier nur teilweise.

Zweiter Arbeitsgang.

Eine Verbrennung des Kohlenstoffes unter der Mitwirkung von oxydierenden Stoffen, erfolgt bei dem Verfahren von:

α) Uchatius,
β) Obuchow,
γ) Ellershausen,
δ) Tunner,
ε) Heaton,
ζ) Siemens.

Erstes Arbeitsverfahren.

Kohlenstoffentzug durch einfache Verbrennung.

α) Herdfrischprozeß. Je nach der Verschiedenheit des Roheisens ergeben sich auch verschiedene Stahlsorten bei dem Herdfrischen. In Steiermark, in Kärnten und Schweden, wo diese noch besteht, wird für Stahl zumeist das weiße garschmelzige Roheisen verarbeitet und man unterscheidet, je nach der Güte, im ersteren Lande den Meißel-, Münz- oder Rosenstahl, den Edel- oder Rohstahl, den Mock- oder Halbstahl; in Kärnten den Brescianer- oder Kölberlstahl, den Tannenbaumstahl, den Stückstahl, den Mockstahl und den Steirischen Sensenstahl.

βγδ) Puddel-, Bessemer- und Siemens-Martin-Stahl. In Bezug auf die genannten Stahlarten haben wir beizufügen, daß nach Belieben harte und weichere Sorten erzielt werden können; die Darstellungsweise ist bereits eingehend beschrieben. Das erste Bessemerwerk wurde in Sheffield auf der Atlashütte erstellt; der dorther stammende Stahl führt daher auch heute noch die Benennung Atlasstahl.

Eine besondere Art von Puddelstahl ist der in Westfalen erzeugte Milanostahl. Er wird vorzugsweise zur Anfertigung von Werkzeugen benutzt und für diesen Zweck sehr gerühmt. Die Darstellungsweise desselben ist Fabrikgeheimnis.

Zweites Arbeitsverfahren.

Kohlenstoffentzug durch Verbrennung unter Mitwirkung von oxydierenden Stoffen.

Die für die Oxydation zur Verwendung kommenden Zuschläge sind sehr verschiedener Art und finden sich in nachstehendem aufgeführt.

α) Uchatiusstahl. Dargestellt aus einem feingekörnten, von Magneteisen erblasenem Roheisen, das mit Spateisensteinpulver in dem Tiegel eingeschmolzen wurde. Die Schmelzung erfolgt jetzt auch in dem Siemens-Martinofen. Benannt nach dem Erfinder.

β) Obuchowstahl. Aehnlich, nur aus anderem Erz, d. h. Magnet-Titaneisenstein und anderem Roheisen dargestellt. Benannt nach dem Erfinder.

γ) Ellershausenstahl. Von einigen Hüttenwerken dargestellt, aus Ingots, welche aus einer Mischung von Roheisen mit gepulvertem Eisenerz bestehen und in dem Siemens-Martinofen weiter verarbeitet werden, somit nur ein Rohstoff für den Siemens-Martinprozeß. Diese Ingots, Erz-Blooms, durch Glühen in einem Schweißofen zu schmiedbarem Eisen umzuwandeln, gelang Ellershausen nicht und es war Ackermann, welcher deren Verwendung als Rohstoff für den Siemens-Martinprozeß vorschlug.

δ) Tunnerstahl. Glühstahl, erzeugt aus Roheisen, das mit sauerstoffabgebenden Körpern (Eisenoxyd, Braunstein, Zinkoxyd) ohne Schmelzung geglüht wird. Benannt nach dem Erfinder.

Auf ganz gleiche Weise können Gußwaren durch eine stärkere Entkohlung zu schmiedbarem Eisen umgewandelt werden und bilden alsdann das sogenannte schmiedbare Gußeisen. Der Vorgang selbst heißt tempern, ebenso wie derjenige des Weichmachens von Gußeisen durch ein langsames Abkühlen. (Siehe S. 65.)

ε) Heatonstahl. Erzeugt durch Frischen von Roheisen mit Natronsalpeter im Holzkohlenfeuer.

ζ) Siemensstahl. Dargestellt in dem Regenerativflammofen durch Zusatz von Erz zu einem Bade flüssigen Roheisens.

Benannt nach dem Erfinder William Siemens, oder nach dem Erzeugungsorte auch Landorestahl.

Soweit die Natur des zu erzeugenden Stahles dies gestattet, kommen auch geeignete Stahl- und Eisenabfälle zur Verwendung.

Unschwer läßt es sich voraussagen, daß dieser Art der Stahlerzeugung noch eine große Zukunft beschieden ist.

c) Darstellung des Stahles aus Schmiedeeisen.

Die Erzeugung des Stahles erfolgt aus Schmiedeeisen, mittels Zufügung von Kohlenstoff und Stickstoff enthaltenden Körpern. Wir unterscheiden hier:

α) Zement- oder Braunstahl,

β) Wootzstahl oder Damaststahl, Damaszenerstahl und dieser wieder echt und unecht,

γ) Parrystahl.

α) Zementstahl (Blasenstahl). Schmiedeeiserne Stäbe werden mit Holzkohle oder Tierkohle schichtenweise in Kasten von feuerfestem Thon eingepackt und während einiger Tage einer Glühhitze von etwa 1000° C. ausgesetzt. Das Aeußere der Stäbe zeigt alsdann ein blasiges Aussehen, woher der Name Blasenstahl. Der Kohlenstoff ist dabei bis in das Innere der Stäbe gedrungen.

β) Damaststahl. Sehr reines Schmiedeeisen wird zerkleinert, mit gewissen Holzarten in dem Tiegel eingeschmolzen, die erkalteten Stahlstäbe in einem Gebläseofen längere Zeit ausgeglüht und mit Handhämmern ausgeschmiedet. Die polierte Fläche dieses Stahles zeigt nach dem Aetzen mit Säure ein damastähnliches Gefüge und daher der Name Damaststahl; nur in dem Orient gefertigt, ist dessen Bereitung nicht genau bekannt. Er zeichnet sich durch eine ganz vorzügliche Zähigkeit aus und wird deswegen hauptsächlich zu Säbelklingen verwendet. Nachgeahmt wird der Damaststahl durch Zusammenschweißen von dünnen Eisen- und Stahl-Bändern.

γ) Parrystahl. Er wird gewonnen durch Umschmelzung von schmiedeeisernen Drehspänen und Gußeisen in einem Kupolofen. Nach dem Erfinder benannt.

Alle diese Stahlsorten, sofern sie nur in Blöcken gegossen oder zu Stäben ausgereckt sind, werden als „Rohstahl" bezeichnet.

C. Unterscheidungen nach der Vervollkommnungsart.

Die Verbesserung des Rohstahls erfolgt auf zwei Arten:

α) Raffinierstahl. Sowohl der gefrischte als auch der Zementstahl, sind bezüglich der Härte und des Gefüges im Innern, nie ganz gleichartig, wie sich schon aus der Bereitungsweise folgern läßt. Ungeachtet einer sehr sorgfältigen Auswahl nach dem Bruchaussehen, läßt sich bei den einzelnen Stäben nur eine annähernde Uebereinstimmung erzielen. Da nun dieser Umstand bei einer Verarbeitung des Stahles auf eine sehr störende Weise sich geltend macht, sucht man ihm dadurch zu begegnen, daß man die möglichst gleichartigen Stäbe zusammenschweißt, sodann aushämmert und auswalzt. Diese Arbeit nennt man Raffinieren oder Gärben; den gewonnenen Stahl, Raffinierstahl, Gärbstahl oder Scherenstahl, weil er früher hauptsächlich zu Scheren verwendet wurde.

β) Gußstahl. Die berührte Ungleichheit des Stahles verschwindet auch nicht vollständig durch das Raffinieren und man sucht daher eine mittlere Gleichartigkeit durch ein Umschmelzen zu erzielen. Letzteres war bis vor wenig Jahren nur in dem Tiegel möglich und dieser, durch Umschmelzen verbesserte Stahl, hieß daher Gußstahl oder Tiegelgußstahl.

Vollständig falsch ist es indessen, den Ausdruck auch für den durch das Bessemer- und Siemens-Martinverfahren erzeugten Rohstahl zu gebrauchen, wie dies heute der Fall ist und seitens der Fabrikanten auch bei Bezeichnung ihrer Waren geschieht; diese Sorten sind Flußstahl. Flußstahl und Gußstahl sind zwei verschiedene Dinge, die allerdings zu vielen Gegenständen gleich gut verwertbar sind, sich indessen wesentlich in der Bereitungsweise unterscheiden.

Gußstahl, zuerst von dem englischen Uhrmacher Huntsman 1740 durch Umschmelzen von Zementstahl in Tiegeln dargestellt, wird auch jetzt noch so gefertigt und heißt diese Sorte Gußstahl, im besondern Hunts-

manstahl. Ein anderes Werk, das den Gußstahl auf die gleiche Weise fertigt, liefert den Marshalstahl.

D. Unterscheidung des Stahles nach der Verwendungsweise.

Die Sonderung des Stahles nach der Verwendungsweise ist natürlich sehr unbestimmt. Im allgemeinen läßt sich darüber etwa das Nachfolgende sagen.

a) Instrumentenstahl

ist zumeist solcher Stahl, der im besonderen zur Anfertigung der Schneidewerkzeuge (Sägeblätter, Messer 2c.) benutzt wird. Es ward hierzu früher gewöhnlich der durch Umschmelzen oder Gärben gereinigte Zementstahl, Wootzstahl und Steirischer Sensenstahl verwendet.

b) Werkzeugstahl.

Die gleichen Sorten wie im vorhergehenden, ferner einige Arten von Bessemer- und Puddelstahl, sowie gewisse Stahllegierungen, z. B. diejenige mit Wolframmetall. Wolfram vermehrt die Zähigkeit und Härte des Stahles. Jetzt sind die hier und unter a genannten Stahlarten zum größten Teile ersetzt durch den in Tiegeln umgeschmolzenen Bessemerstahl, oder Sorten, welche durch Umschmelzen von Stahlabfällen, sowie durch das Zusammenschmelzen von Spiegel- und Schmiedeeisen, gewonnen sind.

c) Masse- oder Maschinen-Stahl.

So werden hauptsächlich diejenigen Stahlarten benannt, welche im großen durch den Puddel-, Bessemer- und Siemens-Martin-Prozeß erzeugt werden und das Schmiedeeisen ersetzen sollen. Zumeist sind es wiederum in der Jetztzeit die beiden letzteren Sorten, welche die größte Verwendung finden. Wir haben bereits erwähnt, daß ein jeder Stahl die Vorzüge des Schmiedeeisens und des Gußeisens in sich vereinigt; d. h. daß er schmelzbar, schmiedbar und schweißbar ist und daneben noch die ihm eigentümliche wertvolle Eigenschaft der Härtbarkeit besitzt. Stahl kann also in den meisten Fällen das Schmiedeeisen ersetzen und wenn dieses auch jetzt noch in großer Menge angewendet wird, so liegt die Ursache zumeist nur in einer gewissen Aengstlichkeit und einem geringen Preisunterschiede. Entsprechend dem Gesagten, ist daher die Verwendung des Stahles heutzutage eine ungemein vielseitige; er wird überall gebraucht, wo es sich darum handelt, Gegenstände darzustellen, welche bei einem geringeren Gewichte als in Schmiedeeisen oder Gußeisen, eine gleiche Sicherheit in Bezug auf Bruchfestigkeit und Abnutzung bieten sollen, oder da, wo man eine größere Leistungsfähigkeit bei gleichem Gewichte zu erzielen sucht.

Beide Fälle kommen bei der Erstellung von Maschinen und Bauten vor, werden auch nach der genannten Richtung in Betracht gezogen und die Verwendung des Massenstahles erfolgt daher in verschiedener Weise. Für Schmiedestücke werden die Ingots wieder in einen, zumeist durch Gas gespeisten Glühofen gebracht, dort vorsichtig bis auf Schweißhitze erwärmt

und durch ein nachträgliches Walzen und Schmieden unmittelbar in den gewünschten Gegenstand umgewandelt. Große schwere Maschinenstücke von einer sehr zusammengesetzten Form werden wohl auch derart angefertigt, daß man dem Ingot schon bei dem Gießen die rohe Gestalt des Stückes gibt und dies sodann auf dem Amboß mit Hammer und Gesenken überarbeitet.

Zur Fertigung von kleineren Gegenständen, für welche ein Massenverbrauch vorhanden, wird das glühende Stück in eine starke Stahlform fest eingestampft.

Die Darstellung der Handelsware, d. h. diejenige des Walzstahles, des geschmiedeten Stangenstahles und der Stahlbleche werden im folgenden besprochen. — Sollen Gegenstände in Stahl gegossen, d. h. in Stahlguß erstellt werden, so sind des erforderlichen Hitzegrades und der Dickflüssigkeit des Rohstoffes wegen, mehr Schwierigkeiten zu überwinden, als dies bei dem Vergießen des grauen Roheisens der Fall ist. Stahl bedarf zu seiner Schmelzung etwa 2200° C., Gußeisen nur 1100° C. und schon das bedingt einen Unterschied, sowohl in der Natur des Stoffes für die Formwandungen, wie auch in der Art des Vergießens. Der geschmolzene Stahl füllt die Form nicht gut aus und zeigt auf der Oberfläche eine rauhe Beschaffenheit infolge vieler kleiner blasenförmiger Höhlungen. Ueber die Entstehung derselben — ob von einer Stickstoff-, Wasserstoff- oder Kohlenoxyd-Gas-Ausscheidung herrührend, oder auch durch zu geringen Kohlenstoffgehalt bedingt — hierüber sind die Meinungen noch geteilt.

Die anzuwendende Formmasse muß sehr strengflüssig und dabei porös sein, damit diese Gase leicht austreten können; die Form selbst wird nach dem Modell, oder nach Art der Lehmform gebildet, scharf ausgetrocknet, eigentlich nahezu gebrannt und ähnlich wie bei der Eisengießerei, mit flüssigem Stahl ausgegossen. Zu beachten ist, daß es sehr auf eine richtige Anordnung der Gießtrichter ankommt; sie sollen an den stärksten Querschnitten stehen. Der Stahl zieht sich bei dem Erkalten bis zum $^1/_{200}$ Teile nach einer Richtung zusammen und dieser Umstand, verbunden mit dem zweiten, daß die scharf getrocknete Form sehr starr ist, verursacht häufig ein Reißen der gegossenen Stücke. Außer durch die Gestaltung des Gegenstandes selbst, sucht man diesem Uebelstande daher auch durch eine rasche Entfernung der Formwandung nach erfolgtem Gusse zu begegnen. Dies aber ist allerdings nicht stets zuläßig.

Als Rohstoff für den Massestahlfaçonguß, d. h. für alle Gegenstände, bei denen es weniger auf eine bedeutende Härte als auf eine gewisse Dichte und Zähigkeit ankommt, dient der Bessemer- und der Martinstahl. Der Guß kann erfolgen aus der Birne, aus dem Martinofen oder aus dem Tiegel. — Bei der Birne muß das flüssige Metall in eine große Gießpfanne entleert und von dieser aus, in die Formen abgestochen werden, da ein unmittelbares Vergießen hier aus äußerlichen Gründen nicht möglich ist. Bei dem Martinofen erfolgt der Abstich des Metalles, entweder in eine an einem Laufkrahn hängende Gießpfanne, welche sodann über die Formen gefahren und dort entleert wird, oder derart, daß diese selbst auf einem Schienengeleise an die Abstichöffnung des Ofens gebracht und hier der Guß bewerkstelligt wird. Das genannte Verfahren paßt natürlich nur für große Stücke, sind indessen viele und kleine Gegenstände zu gießen, so erfolgt der Guß auf andere Weise. Es werden entweder Rohstahl, Stahlabfälle oder auch Schmiede- und Spiegeleisen in passender Zusammensetzung in dem Tie-

gel eingeschmolzen und das flüssige Metall aus diesem, in die Form entleert. Zu dem gleichen Zwecke kann auch der Martinstahl in der gewöhnlichen Gießkelle, dem Ofenabstich entnommen und verbraucht werden. Es sind also Gründe der Zweckmäßigkeit und Bequemlichkeit, welche hier die Art des Gusses bestimmen, nicht aber, wie häufig angenommen wird, die verschiedene Güte des Rohstoffes; diese ist bei dem umgeschmolzenen, d. h. bei dem Martin- und Tiegel-Stahl unter sonst gleichen Verhältnissen auch gleich.

Das Gießen aus der Birne bleibt, der gewaltigen Massen halber, welche zu bewegen sind, stets unbequem, leichter geht es bei Benutzung des Martinofens und für kleine Gegenstände wird der Tiegelguß immer das einfachste bleiben. — Hier hat man es überdies noch in der Gewalt, einen Stahl von ganz bestimmtem Gehalte, auch in kleineren Mengen, leicht zu beschaffen, ein Umstand, der bei der Erstellung von feinen Gegenständen oft sehr in Betracht fällt. — Da es sich bei dem Kleinguß nur um Stücke von geringem Gewicht handelt, die Tiegel auch sehr teuer sind, so wird dieser Guß, der Tiegelstahlfaçonguß, auch immer als solcher benannt und entsprechend höher bezahlt. Es läßt sich etwa annehmen, daß Stücke über 50 kg aus dem Martinofen gegossen werden und nur die kleineren von dem Tiegelguß stammen, beide aber in der Güte gleich sind. — Die Herstellung von tadellosen Stahlgußstücken bietet stets Schwierigkeiten und verlangt eine große Summe von Erfahrungen. Immerhin ist man hierin jetzt sehr weit gekommen und infolgedessen, findet der Stahlguß auch eine stets größere Anwendung, namentlich seitdem man gelernt hat, durch ein nachträgliches Tempern (richtiger Ausglühen) die Dehnbarkeit und Zähigkeit der Stücke sehr zu erhöhen und die durch den Guß entstandenen Spannungen auszugleichen. Der Gußstahlfaçonguß wurde 1856 durch den Direktor Jakob Meyer auf der Bochumer Hütte erfunden und dort, sowie in dem berühmten Geschäfte von Friedr. Krupp in Essen sofort in das praktische Leben eingeführt. Eine größere Anzahl von Stahlwerken folgte bald nach und die Fortschritte, welche dieser neue Zweig des Eisengewerbes in einer so kurzen Zeit gemacht hat, sind vielversprechend für die Zukunft desselben.

VI.

Die Verarbeitung des schmiedbaren Eisens zu Handelswaren.

---

1. Umformung der Rohstoffe.

Die Eisenarten, welche durch die im vorhergehenden beschriebenen Hüttenprozesse gewonnen sind, können eigentlich nur als halbfertig angesehen werden; sie müssen, um zur Erstellung von Gebrauchsgegenständen dienlich zu sein, noch mancherlei Umbildung erfahren. Diese Umbildung bezweckt zunächst eine Verfeinerung des Erzeugnisses und dabei eine gewisse Formgebung, welche die spätere Verwendung desselben auf eine bequemere Weise ermöglicht. Die auf solche Weise umgeänderten Eisensorten gehen alsdann in den Handel über und heißen deswegen auch (im engeren Sinne genommen) Eisenhandelsware oder Handelseisen. — Aus der Handelsware werden sodann, teils schon auf dem Hüttenwerke oder in besonderen Fabriken, teils auch durch das Kleinhandwerk, die gewünschten Gebrauchsgegenstände dargestellt. Die Umbildung des Rohstoffes zu Handelsware beruht auf dessen Dehnbarkeit in glühendem Zustande und erfolgt durch Hämmern, Walzen und Ziehen. Der Zweig des Gewerbewesens, welcher diese Arbeiten umfaßt, heißt die Metallstreckerei; sie begreift mit Bezug auf das Eisen in sich: die Darstellung von Stäben, von Blechen und von Drähten.

Nach der Natur des Rohstoffes unterscheidet man diese Gegenstände als erzeugt: aus Stahl, aus Holzkohlen- oder aus Koks-Eisen; nach der Art der Bearbeitung: als gehämmert, gewalzt und gezogen. Die Beschreibung der zur Umbildung und Formgebung der Rohstoffe in Handelsware nötigen maschinellen Vorrichtungen, ist im besonderen eine Sache der Maschinenkunde; und auf Einzelheiten einzugehen, würde die Grenzen unserer Aufgabe überschreiten.

Da wir überdies bei Besprechung der Darstellungsweise der einzelnen Eisenarten schon vieles hierauf Bezügliche erwähnen mußten, so beschränken

wir uns darauf, den Arbeitsgang zunächst in seinem Zusammenhange zu betrachten und nur dasjenige Bemerkenswerte zu erwähnen, dessen Besprechung noch nicht möglich war.

A. Darstellung des Stabeisens.

Stabeisen werden im allgemeinen diejenigen Sorten von Eisen genannt, welche in Stäben oder Stangen von verschiedenem Querschnitt, zur Anfertigung der Schlosser- und Schmiedearbeiten ihre Verwendung finden. Da das heutige Gewerbewesen darauf ausgeht, eine jegliche Handarbeit soviel als möglich abzukürzen, so werden auch diese Stäbe behufs einer leichteren Weiterverarbeitung bereits, in einer sehr großen Anzahl, von verschiedenen Querschnittformen geliefert, flach, vierkant, rund und in Profilform. Stäbe von flachem oder vierkantigem Querschnitt wurden früher einzig auf den Frischhütten unmittelbar durch einfaches Ausschmieden der Rohluppe dargestellt und für bessere Sorten benutzte man das schon einmal paketierte Eisen. Das Ausschmieden erfolgte unter großen, schweren, zumeist vom Wasser bewegten Hämmern, Stirnhämmern, Aufwerfhämmern, Schwanzhämmern in der bei dem Hüttenwerk gelegenen Hammerschmiede, weswegen diese Gattung von Eisen auch als geschmiedetes Stabeisen oder Hammereisen bezeichnet wird. Nachdem das Puddelverfahren entstanden war und dieses die langsame Herdfrischerei ziemlich verdrängt hatte, lag die Nötigung vor, das erzeugte Eisen auch schneller zu verarbeiten. Die Anwendung von flachen Walzen zum Strecken des Metalles war schon bekannt und Cort, der Erfinder des Puddelprozesses, machte daher den Vorschlag, Walzen mit passenden Einschnitten, Kalibern, herzustellen und die Bildung der Stäbe hierdurch vorzunehmen. Dieser Vorschlag wurde mit großem Erfolge durchgeführt und seit jener Zeit, etwa ab dem Jahre 1825, ist das Hammereisen nicht mehr der stehende Handelsgegenstand, sondern meistens durch das Walzeisen ersetzt.

Jetzt lag die Möglichkeit vor, die Querschnittform des Stabeisens mannigfach zu gestalten, nicht allein geradlinig, sondern auch rund oder geschweift und es entstanden die vielen Arten von Profil- oder Façoneisen, wie wir solche jetzt sehen.

Die Hauptteile eines Walzwerkes sind zwei, auf Ständern wagerecht übereinander liegende Walzen, welche sich, bei gleicher Umfangsgeschwindigkeit, in entgegengesetzter Richtung um ihre Achse drehen. **Fig. 32** und **33.** Der dazwischen gebrachte, schweißwarme Eisenstab, Billet oder Knüppel a, wird, vermöge der Reibung vorwärts durch die Walzen getriebe nund nimmt dabei die Form der auf der Oberfläche befindlichen Einschnitte an. Die beiden Walzen können mittels Schrauben einander genährt werden, um z. B. Flacheisen von beliebiger Stärke darzustellen. **Fig. 33.** Die Kaliber sind zumeist derart angebracht, daß der vorspringende Teil einer Formbildung, die Walzenstraße, stets auf der oberen und der vertiefte Teil, auf der unteren Walze sich befindet; Einschnitt, sowie Vertiefung, sind etwas verjüngt, damit der Knüppel sich nicht einpressen kann. Auf einer Walze sind etwa 8—10 solcher Straßen angebracht und zwar in abnehmender Größe; der Stab durchstreift dieselben der Reihe nach und wird auf diese Weise, auf das gewünschte Maß verkleinert. Um nach einem Durchgange das Ueberheben des Eisens über die obere Walze zu vermeiden und dadurch

die Arbeit abzukürzen, wendet man in der neueren Zeit auch drei übereinander liegende Walzen, das Walzentrio, **Fig. 34** und **35**, an, wobei die obere und mittlere für den Hingang und die mittlere und untere, für den Hergang des Stabes benutzt wird. Durch eine seitliche Verschiebung der mittleren Walze wird es hier auch möglich, Stäbe von verschiedener Breite darzustellen. (**Fig. 35.**)

Je nach den Gegenständen, welche zu walzen sind, werden auch die Walzwerke verschieden eingerichtet und man unterscheidet Rohschienen- oder Luppen-, Grob-, Mittel- und Feinwalzwerke ꝛc. Die Durchmesser der Walzen wechseln von 0,30—0,75 m und die Zahl der Umdrehungen von 20 bis 500 in einer Minute.

Die Walzen müssen sehr sorgfältig in Hartguß gegossen werden, wenn die Stäbe ein sauberes Ansehen erhalten sollen; sie sind aber dessenungeachtet, stark der Abnutzung ausgesetzt. Die Technik der Walzwerke ist in neuerer Zeit sehr ausgebildet worden und zeigt jetzt auch infolgedessen eine große Leistungsfähigkeit. Nicht allein hat man sich darauf beschränkt, gradlinige Stäbe zu walzen, sondern man fertigt auch ringförmige Stäbe ohne Naht, wie z. B. die Reifen der Eisenbahnwagenräder.

Das Auswalzen des Stabes muß in einer Hitze erfolgen und der fertige Stab alsdann noch soweit glühen, daß er auf einer eisernen Richtplatte mit dem Hammer sich geraderichten läßt. — Der Abbrand bei dem gewalzten Eisen beträgt etwa 8 Prozent. Flacheisen werden jetzt geliefert von $2^1/_2$ mm bis zu 60 mm Dicke und in Breiten bis zu 130 mm. Rund- und Vierkanteisen von 5 mm bis zu 160 mm Durchmesser oder Seitenmaß bei einer gewöhnlichen Länge von 4—6 m auf besonderen Wunsch wohl auch bis zu 12 m.

Als Profilformen kommen vor **L T I U _|¯|_** d. h. Winkeleisen, **T** Eisen, Doppel **T** Eisen, **U** Eisen und Zores-Eisen, in ähnlichen Abmessungen, bei den **T** Eisenarten sogar bis zu 35 cm Höhe mit entsprechenden Breiten. Ueberdies werden von einzelnen Hüttenwerken noch besondere Profile für Speichen, Rinnen, Bahnschienen, Fenstersprossen ꝛc. hergestellt. Die Rohknüppel zur Darstellung des Stabstahles und des Stabeisens, sind bei dem Schweißeisen stets vorher paketiert, bei dem Flußeisen werden die Ingots zumeist nur etwas überschmiedet, um sie zu dichten und dann in einer oder in mehreren Hitzen vorgewalzt.

Aehnlich wie diese Schmiedeeisen-Stabarten kommen, wenn auch nicht in der gleichen Mannigfaltigkeit, die verschiedenen Stahlarten in den Handel.

B. Darstellung des Bleches.

Die Bleche sind, im Vergleich zu ihrer sonstigen Ausdehnung genommen, sehr dünne Eisenplatten.

Die Erzeugung des Bleches geschah früher ebenfalls nur auf den Hammerwerken durch Schmiedearbeit; der glühende Eisenstab ward auf einem breiten Amboß mit dem Schwanzhammer bearbeitet. Naturgemäß war die Dicke und die Festigkeit sehr ungleich und die Einführung des Walzens des Bleches muß daher als ein großer Fortschritt angesehen werden. Blech wurde schon 1754 in England gewalzt, in Frankreich 1791 und im

Jahre 1800 auch in Deutschland. Die Blechwalzwerke, auch Streckwerke genannt, unterscheiden sich von den Stabeisenwalzwerken nur durch die platten gegen die kalibrierten Walzen.

Im weiteren ist es hier gewöhnlich nur die obere Walze, welche, um dem Blech die richtige Stärke zu geben, durch Schrauben verstellbar ist. Da die Bleche bei dem Walzen eine verhältnismäßig große Ausdehnung erleiden, so muß der Rohstoff stets von vorzüglicher Güte sein, d. h. sehr geschmeidig und nicht rotbrüchig.

Als Rohstoff für die Bleche dient das paketierte Eisen und die aus den Ingots der verschiedenen Stahlsorten vorgeschmiedeten Stahlstäbe. Die Stäbe, schon in geeigneter Weise vorgewalzt, werden in passende, der Ausdehnung des Bleches entsprechenden, Stücke, Stürze zerteilt, diese in besonderen Flammöfen, Glühöfen, erhitzt und unter die Walze gegeben. Eine Hitze ist hier nicht ausreichend und es müssen deren oft 4 — 5 gegeben werden, bis das Blech auf die verlangte Dicke gebracht ist.

Häufig werden die dünnen Bleche, nachdem sie, um das Kleben zu verhüten, mit Kohlenpulver und Lehmmasse befeuchtet waren, zu mehreren aufeinander gelegt und müssen so die Walzen durchziehen. Die fertigen Stücke werden noch schwach glühend mit einer Schere auf die gewünschte Ausdehnung zugeschnitten und nachträglich noch einmal geglüht, so daß sie bei dem langsamen Erkalten eine große Weichheit und ein besseres Aussehen erhalten. — Der Abbrand des Eisens, und die Abfälle bei dem Beschneiden, können bei großen Tafeln 20 Prozent, bei kleinen bis zu 40 Prozent betragen. Die gewöhnlichen Lagerbleche, auch Schwarz- oder Stürzbleche genannt, scheidet man in Grob- und Feinbleche, je nachdem sie über oder unter 5 mm Stärke besitzen, sie haben eine Tafelgröße von 1 auf 2 m bei einer Stärke von 0,5 — 8,0 mm, doch fertigen die Werke auch solche dünner und dicker; dabei kommen auch jetzt noch Hammerbleche in den Handel. Ebenso werden Bleche für besondere Zwecke in der geeigneten Form dargestellt, z. B. zur Dachbedeckung gewellt, gebogen, für Kesselteile gebördelt, gepreßt, geschweißt &c. und auch einzelne Gegenstände, wie Dome, Verbindungsstützen, Feuerbüchsen, Rauchkammern, Stirnwände &c., fertig zum Montieren geliefert. — Die Bezeichnung der Güte, der Sorten, der Formen, der Stärken &c., ist sehr verschieden und nur die Preislisten der einzelnen Hüttenwerke bieten die genügende Auskunft, da ein Uebereinkommen hierin nicht besteht. Eine besondere Art von Blechen bilden die Schiffspanzer-Stahlplatten, welche bis zu 0,70 m Dicke angefertigt werden. Hierfür bestehen zahlreiche Arbeitsweisen, die zumeist darauf hinausgehen, daß der in Stahl gegossene Block gehämmert und zu Platten ausgewalzt wird, diese Platten wiederum paketiert und von neuem, zu wiederholtem Male ebenso behandelt werden; auch hat man Schmiedeeisen- und Stahlplatten aufeinander geschweißt und in gleicher Weise verarbeitet.

Das berühmte russische Eisenblech hat als Rohstoff das Holzkohlen-Roheisen. Dieses wird gepuddelt, die Luppen gut gehämmert und zu Stäben ausgewalzt. Diese Stäbe werden wiederholt 5 — 6 mal paketiert, mit Holzkohlenpulver bestreut und fertig gewalzt.

C. Drahterzeugung.

Draht nennt man einen jeden, in dem Verhältnis zur Länge dünnen Metallstreifen oder Metallfaden von einem gleichbleibenden Querschnitte. Dieser ist zumeist, und namentlich bei den Handelswaren, ein Kreis und der Draht wird auch jetzt gewöhnlich nach dem Durchmesser desselben unterschieden, während die früheren Bezeichnungen ganz willkürlich gewählt waren.

Die Darstellung des Drahtes kann durch Walzen oder durch Ziehen des Rohstoffes erfolgen. Durch Walzen können nur dickere Drähte, bis zu etwa $3^1/_2$ mm und in verhältnismäßig kurzer Ausdehnung gewonnen werden, während durch das Ziehen bei einem Querschnitte bis auf 0,1 mm beliebige Längen sich herstellen lassen. Das Walzen der Drähte unterscheidet sich nicht von demjenigen der Stäbe, das Ziehen erfolgt jedoch in der Weise, daß man den Rohstoff nach und nach durch unbewegliche, starre Oeffnungen von hartem Metall und kleiner werdendem Durchmesser, unter Zuhilfenahme von geeigneten Schmiermitteln, hindurchzwängt.

Der zugespitzte Metallstab wird in glühendem Zustande durch die erste und größte Oeffnung gesteckt, auf der entgegengesetzten Seite des Drahtzieheisens mit einer Zange oder Klammer gefaßt und durchgezogen. Dies Verfahren wiederholt sich, unter erneuertem Anglühen, auch für die kleineren Durchmesser.

Das Zieheisen ist in einem Gestelle festgehalten, die Zange bewegt sich auf einem Schlitten, der Draht wird auf einer Walze aufgewunden und das zeitweise Glühen der Drähte in besonderen Glühtöpfen vorgenommen, um die Luft vollständig abzuhalten. Der sich hierbei bildende Glühspan ist sehr hart und würde die Ziehlöcher angreifen; er wird daher durch Beizen mit verdünnter Säure weggeschaft.

Diese Einrichtung des Drahtziehens wurde schon im 14. Jahrhundert angewendet, hat sich im allgemeinen bis in die letzten Jahrzehnte erhalten, um dann erst einer verbesserten Anordnung zu weichen. — Bei diesem neuen Drahtziehwerk stehen zwei Trommeln auf einem Tisch; der Drahtring wird von der einen Trommel abgewickelt und geht durch das Zieheisen, um sodann auf der zweiten Trommel, die durch ein Getriebe bewegt wird, aufgewunden zu werden. Die Greifzange fällt somit hier ganz weg, d. h. sie wird nur für das erstmalige Durchziehen benutzt, damit der Draht mittels eines Hakens an der Walze befestigt werden kann.

Diese Art der Ziehvorrichtung, das Leierwerk oder die Rollenbank, findet jetzt am häufigsten Anwendung. **Fig. 36** erläutert eine derartige Vorrichtung. — Der Abbrand des Rohstoffes steigt, des öfteren Ausglühens wegen, auf 12—15 Prozent. Da die Härte des Drahtes durch das Ziehen sehr zunimmt, so ist für Sorten, welche sehr geschmeidig sein müssen, ein letztmaliges Glühen und sehr langsames Erkalten geboten. Stahldraht erfordert große Vorsicht beim Ausglühen und wird nach seiner Fertigung wiederum in Oel- oder Metallbädern gehärtet und angelassen.

Als Rohstoff dienen alle die Eisen- und Stahlarten, welche zu Stäben verarbeitet werden und die Rohknüppel sind auf die gleiche Weise zur Verarbeitung vorbereitet.

Der Draht kommt in den Ringen, wie sich dieselben auf dem Leierwerk bilden, in den Handel.

Auch die Drahtzieherei hat in den letzten zehn Jahren insofern Fortschritte gemacht, als das Erzeugnis jetzt eine sehr vielseitige Verwendung findet und erinnern wir hier nur an die Drahtseile für die Leitung der Kraft, für Bahnen, für Förderung in Bergwerken und an die Telegraphen-Kabel ꝛc.

Eine ausgedehnte Verwendung findet der Draht auch zur Erstellung von Nägeln, den Drahtstiften.

2. Die Erzeugnisse der Hüttenwerke.

Wir haben bereits erwähnt, daß die Hüttenwerke sich nicht allein auf die Umformung des Eisens und Stahles zu Stäben, Blechen und Drähten beschränken, sondern auch Gebrauchsgegenstände halb und ganz fertig darstellen. Welcher Art dieselben sind und welche Sorten von Rohstoffen hierzu dienen, wird aus dem Nachfolgenden erhellen.

Es liefern:

A. Die Erzhüttenwerke,

die verschiedenen Roheisensorten, wie Holzkohlen-, Schweiß- oder Puddel-, Fluß- oder Bessemer- und Thomas-, sowie Gießerei-Roheisen. Ferner Spiegeleisen und Ferromangan.

B. Die Gießereien,

Maschinenteile und Gegenstände für den Bau,
Geschirre oder Poterie-Waren,
Röhren aller Art,
Hartgußstücke und getemperte Waren.

C. Die Schweißeisenwerke,

Rohluppen und Rohschienen,
Zementstahl,
Schienenbefestigungsteile,
Eisenbahnräder,
Radreifen,
Bahnschwellen,
Schwellenbefestigungsteile,
Stabeisen,
Schmiedestücke,
Maschinenteile,
Platten- und Kesselbleche,
Handelsbleche,
Draht und Röhren.

D. Flußeisenwerke,

Rohluppen und Rohschienen,
Blöcke und Ingots,
Tiegelgußstahl,
Eisenbahnschienen,
Eisenbahnwagenachsen,
Eisenbahnwagenräder,
Radreifen,
Bahnschwellen und Befestigungsteile,
Stabeisen,
Maschinenteile,
Geschütze und Geschosse,
Stahlwerkzeuge,
Platten und Bleche,
Draht.

Teilweise auf den Hüttenwerken selbst, teilweise in besonderen Fabriken, werden noch im weiteren gefertigt:

Schrauben, Muttern, Nieten, Nägel, Ketten, Hufeisen, Drahtseile und Drahtgewebe, Schlösser, Waffen, Dampfkessel, Beschläge aller Art ꝛc. Für alle die genannten Gegenstände sind geeignete Maschinen vorhanden, um eine Massenerzeugung zu ermöglichen. Müssen wir hierin auch einen Fortschritt erblicken, so sehen wir auf der andern Seite doch ein bedauerliches Zurückdrängen des persönlichen Geschickes und der Handfertigkeit.

3. Festigkeitsprüfung der Eisenerzeugnisse.

Für alle Zwecke, zu welchen das Eisen oder der Stahl Verwendung findet, ist es wichtig, dessen Eigenschaften in Bezug auf seine Festigkeit zu kennen.

Gefahren für das Leben und die Sicherheit des Menschen bedingen dies einerseits, während anderseits einer Verschwendung von Rohstoff vorgebeugt wird.

Ist die Verwendbarkeit des Materiales für gewisse Fälle durch eine Reihe von Versuchen ermittelt, so lassen sich mit einiger Sicherheit auch Schlüsse für andere ähnliche Vorkommnisse ziehen. Um nun solche Erfahrungszahlen für beliebige Benutzung zu gewinnen, hat man deswegen Stahl- und Eisenstäbe von gewissem Querschnitte, sowohl im kalten, wie auch teilweise im glühenden Zustande geeigneten Untersuchungen und Proben unterworfen, um deren Festigkeit kennen zu lernen.

Man unterscheidet nun im allgemeinen eine statische und eine dynamische Festigkeit.

Die erstere macht sich geltend bei der ruhigen oder statischen Einwirkung einer Kraft, die zweite bei der unterbrochenen, wiederholten oder dynamischen Einwirkung derselben, auf den betreffenden Gegenstand. — Die statische Festigkeit zerfällt wiederum in verschiedene Unterabteilungen, nämlich in die:

1) absolute oder Zugfestigkeit,
2) rückwirkende oder Druckfestigkeit,
3) relative oder Biegungsfestigkeit,
4) Torsions- oder Drehungsfestigkeit.

Mit andern Worten, diese verschiedenen Festigkeitsarten besagen, wieviel Kilogramm Gewicht nötig ist, um einen Stab von 1 mm^2 durch eine angehängte oder aufgelegte Last zu zerreißen und zu zerdrücken oder sie geben die, an einem bestimmten Hebelsarme wirkende Kraft an, welche erforderlich ist, einen an dem Ende fest eingespannten Stab abzubrechen und abzudrehen. Die statischen Festigkeitsproben beziehen sich also auf die Ermittelung der Festigkeit bei dem Ziehen, Drücken, Biegen und Brechen der Probestäbe und setzen dabei eine ruhig, gleichmäßig wirkende Kraft voraus.

Zur Beurteilung der Güte eines Materiales genügt es indessen nicht, nur den Grad der Sicherheit gegen Bruch zu kennen. Man verlangt von demselben nicht einzig eine möglichst große Bruchfestigkeit, sondern auch ein gewisses Maß von Zähigkeit und Dehnbarkeit; es muß die Fähigkeit haben, einen häufig wiederkehrenden Spannungswechsel auszuhalten, wie sich das z. B. bei der Wirkung von Stößen, Schlägen, Erschütterungen rc. geltend macht.

Diese Fähigkeit des Materiales, mehr oder weniger der Einwirkung einer lebenden Kraft zu widerstehen, nennt man das Arbeitsvermögen desselben, oder wie erwähnt, die dynamische Festigkeit. Auf Grund der unterschiedlichen Proben, welche zur Ermittelung dieser verschiedenen Festigkeitsverhältnisse vorgenommen wurden, hat man nun Zahlen gefunden, welche dazu dienen können, allgemeine Bedingungen bezüglich der Festigkeit anzugeben, um hierdurch die Leistungsfähigkeit der verschiedenen Eisen- und Stahlsorten näher bezeichnen zu können. Dies geschieht auch wirklich in den Lieferungsbedingnissen, wie solche z. B. für Schienen, Schwellen, Räder rc. aufgestellt werden.

Wir bemerken noch, daß man die Kraft, welche nötig ist, um an 1 mm^2 Querschnitt eines Stabes die erwähnte Veränderung hervorzubringen, das Festigkeitsmodul und die Last, bei welcher mit Gewißheit angenommen werden darf, daß eine der genannten Veränderungen nicht eintreten wird, das Sicherheitsmodul, beziehungsweise das Arbeitsmodul benannt. Einheitliche Vorschriften für die Anhandnahme dieser Probeuntersuchungen an Gebrauchsgegenständen selbst, sowie für die Einrichtung der hierzu nötigen Vorrichtungen, bestehen zur Zeit leider noch nicht, wie auch die Anforderungen, welche man bezüglich der Leistungsfähigkeit oder Stärke im allgemeinen stellt, noch nicht vereinbart sind. — Es bestehen allerdings staatliche Materialprüfungsanstalten an vielen Orten, indessen ist die Art der Vornahme der Prüfung, jeweilig Sache der betreffenden Stelle oder sie geschieht ganz nach Wunsch des Käufers und Verkäufers einer Ware.

Hauptsächlich ist es die Zug- und die Druckfestigkeit, welche in Betracht fällt und untersucht wird, weil sich von hier aus auf die anderen Festigkeitsverhältnisse schließen läßt.

Im allgemeinen können die nachstehenden Zahlen als genügend für ein gutes Erzeugnis angesehen werden.

A. Zugfestigkeit von Flußeisen bei 1 mm^2.

50 kg bei Schienen,
40 — 50 kg bei Blechen.

B. Zugfestigkeit von Schweißeisen bei 1 mm^2.

Nieteisen	38 kg
Bahnschwellen	38 „
Bleche	33 — 36 „
Gußstahl, gehämmert	100 „

C. Rückwirkende Festigkeit für kurze Stäbe bei 1 mm^2 Querschnitt.

Schmiedeeisen	35 — 50 kg
Gußeisen	65 — 70 kg.

Mit Hilfe dieser Zahlen läßt sich berechnen, welche Querschnittform einem Gegenstand zu geben ist, wenn man dessen Inanspruchnahme auf Widerstand kennt oder ermittelt hat. Aus Gründen der Sicherheit nimmt man diese Querschnitte alsdann in Wirklichkeit 4 — 5 mal, in Ausnahmefällen, selbst 10 — 12 mal größer.

4. Wertsteigerung des Eisens durch dessen Verarbeitung.

Es bestehen wohl wenige Rohstoffe, selbst die Edelmetalle nicht ausgenommen, welche durch ihre Verarbeitung eine gleiche Wertsteigerung erfahren, wie das Eisen.

Es kosteten z. B. in den letzten Jahren die bis jetzt erwähnten Rohstoffe und die hieraus gefertigten Handelswaren auf den Hütten in Westfalen pro 1 Tonne im Mittel etwa:

Eisenerze	5 — 12,00	Mark
Eisenarten mit Koks erblasen:		
Roheisen	60 — 61,40	Mark
Gußwaren der ersten Schmelzung .	78,60	„
Gußwaren der zweiten Schmelzung .	156,70	„
Schweißeisen aus Frischfeuern . .	118,60	„
Schweißeisen aus Puddelöfen . .	95,60	„
Waren aus Schweißeisen . . .	158,15	„
Flußeisen aus Bessemerbirnen . .	93,80	„
Flußeisen aus Martinöfen . .	90,85	„
Waren aus Flußeisen . . .	201,25	„
Zementstahl	157,50	„
Tiegelgußstahl	297,65	„

Der Wert der hieraus gefertigten Gegenstände läßt sich der Verschiedenartigkeit wegen auch nicht annähernd angeben und wir erwähnen nur, daß sich bei fertig gestellten Maschinen, z. B. Spinnerei-Einrichtungen, bei Lokomotiven 2c., derselbe auf etwa 800 — 1200 Mark pro 1 Tonne stellen kann.

Stahlschreibefedern wiegen das Groß etwa 60 g und kosten bei dem Fabrikanten 0,75 Mark. Eine Tonne stellt sich daher auf 12500 Mark.

Die feinste Spiraluhrfeder aus Stahl wiegt etwa $6^2/_3$ mg und kostet, von dem Fabrikanten bezogen, etwa 10 Pfge. 150000 solcher Federn wiegen daher 1 kg und kosten 15000 Mark, gleich dem 5fachen Werte des Goldes und dem 250000fachen Werte des Roheisens.

Diese Zahlen können daher einen Begriff von den Werten geben, welche im ganzen durch die Verarbeitung des Eisens geschaffen werden. Mehr aber noch zeigen sie die hervorragende Bedeutung dieses Metalles in dem Haushalte der Menschheit.

Eine Sache, welche so massenhafte Verwendung findet wie das Eisen, wird dadurch auch zum Gegenstande des Handels und der Spekulation. Veränderte Verhältnisse in der Darstellung, der Zollgesetzgebung, Auffindung neuer Erzlager, Eröffnung neuer Schienenwege &c. sind weitere Faktoren, welche bestimmend für den Preis des Rohstoffes werden und große Schwankungen desselben veranlassen können.

Die bedeutenderen Handelsplätze für Eisen, namentlich die Börse in Glasgow, bieten daher immer ein Spiegelbild des jeweiligen Standes der Gewerbethätigkeit und bringen dasselbe in den bezüglichen Preisen zum Ausdruck. Es galt z. B. dortselbst eine engl. Tonne Roheisen (1015 kg) im Mittel und im Jahre 1862, 50 Schilling, dieser Preis stieg 1866 auf 66 Schilling, 1872 auf 74 Schilling und 1873 sogar auf 130 Schilling. Im nächsten Jahre ist dieser Satz auf 106 Schilling, 1885 auf 42 Schilling gesunken und zu Anfang 1886 war das Eisen zu 38 Schilling erhältlich; ein Preis, welcher in vielen Fällen nicht die Erstellungskosten deckt!

VII.

Kohlen und Eisen der Erde.

Welche Bedeutung das Eisen und die damit im Zusammenhang stehenden Gewerbszweige für die Erde haben, geht am deutlichsten aus der nachstehenden Tabelle hervor.

Die Zahlen sind entnommen aus: The Bulletin of the American Iron and Steel Association und da dieselben von dem Chef der Abteilung für Statistik des Bergbaues, Mr. Albert Williams herrühren, so haben sie wohl genügenden Anspruch auf Zuverlässigkeit. Zahlen sind trocken, die vorstehenden lassen uns indessen ahnen, welch eine Summe von Kraftbewegung damit erzielt werden kann; Kraftgewinn aber ist es, welcher den Menschen seiner Körperlichkeit entlastet und ihn hierdurch auf eine höhere Stufe der Entwickelung leitet.

Von hohem Werte erscheint auch eine Vergleichung der Kohlenförderung und der Eisenerzeugung früherer Jahre mit der gegenwärtigen Zeit.

Wir entnehmen die betreffenden Zahlen dem für die Pariser Ausstellung (1878) bestimmt gewesenen Werke: „Kohle und Eisen in allen Ländern der Erde", von Joh. Pechar.

Es wurden 1866 auf der Erde an Kohlen gefördert:

185,135,686 Tonnen

und an Roheisen erzeugt: 9,502,626 „

Gegen die anderseitig stehende Tabelle gehalten, finden wir, daß sich die beiden Ziffern innerhalb nicht ganz zwei Jahrzehnten mehr als verdoppelt haben.

Dieser wachsende Verbrauch erklärt sich schon zu einem großen Teile durch die in diesem Zeitabschnitt neu erstandenen Schienenwege, denn das Eisenbahnnetz der Erde zeigte für das Jahr 1860 nur 106,886 km, während in dem Jahre 1883 diese Ziffer um mehr als das Vierfache, nämlich auf 442,200 km gestiegen war. Es zeigt dieser Umstand auch wiederum, daß für die Entwickelung der Großgewerbe, die gleichzeitige Ausdehnung der Verkehrswege geboten ist.

Kohlenförderung und Eisenerzeugung der Erde.

Land	Eisenerz		Roheisen		Stahl		Kohle	
	Jahr	Tonnen à 1000 kg	Jahr	Tonnen à 1000 kg	Jahr	Tonnen à 1000 kg	Jahr	Tonnen à 1000 kg
Großbritannien	1882	16,893,032	1882	8,629,180	1882	2,295,803	1882	159,003,977
Vereinigte Staaten	1882	9,144,000	1882	4,697,296	1882	1,764,479	1882	88,332,416
Deutschland	1882	8,150,162	1882	3,170,957	1882	1,050,000	1882	65,332,925
Frankreich	1882	3,500,000	1882	2,033,104	1882	453,783	1882	20,803,332
Belgien	1882	250,000	1882	717,000	1882	200,000	1882	17,485,000
Oesterreich-Ungarn	1881	1,050,000	1881	523,571	1882	225,000	1881	15,304,813
Rußland	1880	1,023,883	1880	448,514	1880	307,382	1880	3,292,212
Schweden	1881	826,254	1881	435,489	1881	52,234	1882	250,000
Spanien	1882	5,000,000	1880	85,939	1873	216	1880	847,128
Italien	1882	350,000	1882	25,000	1876	2,800	1874	182,500
Andere Länder	1882	1,016,000	1882	101,600	1882	20,320	1882	8,128,000
Insgesamt . . .	—	47,203,331	—	20,867,650	—	6,372,017	—	378,962,303

VIII.

Der Schutz des Eisens gegen den Rost.

Eisen und Stahl, die der Menschheit so nützlichen Metalle, leiden an dem großen Uebelstande, daß sie, der Einwirkung der feuchten Luft ausgesetzt, an der Oberfläche eine Umwandlung erfahren.

Der Sauerstoff der Luft verbindet sich damit, sie oxydieren, rosten, es bildet sich das Eisenoxydhydrat, der Rost. Rost aber ist ein poröser, Luft durchlassender Körper, die Zersetzung geht daher unaufhaltsam weiter, sie bedingt eine allmähliche Zerstörung der Festigkeit und diese macht das Metall mit der Zeit für bestimmte Zwecke wertlos. Der schon in der Geschichte des Eisens genannte römische Naturforscher Plinius (geb. 23 n. Chr.) erwähnt die Waffen aus Eisen und sagt mit Bezug auf den Rost: „Auch „hier trat die Gütigkeit der Natur in den Weg und in ihrer Vorsicht hat „sie nichts so sehr der Vergänglichkeit unterworfen, als das, was der Sterb„lichkeit am gefährlichsten ist".

Jetzt, nahezu zwei Jahrtausende, seitdem diese Worte niedergeschrieben, erscheint uns das Eisen nicht mehr einzig in seiner Eigenschaft als Waffe wertvoll, nein, wir schmieden auch den Pflug daraus.

Ein Schutzmittel gegen die Oxydation muß daher diesem, für die Menschheit so unentbehrlichen Metall einen unendlich höhern Wert verleihen, es wird im wahren Sinne des Wortes hierdurch ein Edelmetall werden.

Wie nun in der Eisenindustrie überhaupt schon viele, überraschende und staunenswerte Erfolge zu verzeichnen sind, so haben wir auch in dieser Sache einen solchen zu erwähnen, denn das Mittel, Eisen und Stahl erfolgreich vor Rost zu schützen, ist gefunden.

Wir sagen erfolgreich, denn alle bisher gebräuchlichen Schutzmittel, wie Oel, Fett, Harz Teer, die Verzinnung oder Verzinkung ꝛc., waren in der Dauer ihrer Wirksamkeit beschränkt und dürften, in genannter Beziehung genommen, bald nur der Geschichte der Technik angehören. Die Herren Prof. Barff und die Ingenieure Bower, Vater und Sohn, Männer der Wissenschaft und der Praxis, haben vor wenig Zeit nach zwanzigjährigen

Studien und Versuchen ein Verfahren angegeben, das dem gewünschten Zwecke vollständig entspricht, indem sie eine längst begründete wissenschaftliche Thatsache, einer gewerbsmäßigen Ausnutzung zugänglich machten.

Es war bekannt, daß das Eisenoxyduloxyd, Magneteisen, Hammerschlag, der Luft ausgesetzt, nicht rostet und Barff-Bower haben daher den richtigen Gedanken verfolgt, auf dem zu 'schützenden Eisenkörper eine Schicht desselben herzustellen.

Sie bewirken dies durch einen chemischen Prozeß, dem der Gegenstand unterworfen wird; diese chemische Umbildung, der Inoxydationsprozeß genannt, kann auf zwei verschiedene Arten durchgeführt werden.

Nach der ersten Methode, welche besonders für Gußwaren geeignet ist, werden die Gegenstände in einer Heizkammer aufgeschichtet, durch Gase des Generators auf 600—700° C. direkt erhitzt, um sodann einer heißen Mischung von Kohlensäuregas (erzeugt in dem Generator durch das vollkommen verbrannte Brennmaterial) und Luft im Ueberschusse ausgesetzt. Infolgedessen entsteht in etwa 15—50 Minuten eine Schicht von Eisenoxyd ($Fe_2 O_3$) auf denselben. Um nun dieselbe in Magneteisen zu verwandeln, genügt es einfach, desoxydierende Gase in die Kammer einzuführen, d. h. die unvollkommen verbrannten Rauchgase des Generators, ohne jede Beimischung von atmosphärischer Luft (Kohlenwasserstoff und Kohlenoxyd). Hierdurch wird die Eisenoxydschicht zersetzt, weil ein Teil des Sauerstoffes derselben, von den genannten Gasen aufgenommen wird, welcher Vorgang etwa 20—30 Minuten dauert. Nach diesem Zeitraum wird auch die Zuführung der desoxydierenden Gase abgeschlossen, das Feuer nicht mehr unterhalten und die Heizkammer erst geöffnet und entleert, wenn die Ware eine Temperatur von 200° C. angenommen hat, d. h. in etwa 3—6 Stunden. Die so entstandene Schicht von Magneteisen kann durch öftere Wiederholung des beschriebenen Vorganges, beliebig verstärkt werden; es erfolgt gewöhnlich eine 4—8 malige derartige Behandlung.

Die zweite Methode ist für Schmiedeeisen und Stahl geeignet; beide Materialien haben keinen so hohen Kohlenstoffgehalt wie Gußeisen und es bedarf daher hier keiner so energischen, vorhergehenden Oxydation. Wenn diese Gegenstände indirekt von außen, auf etwa 150° erhitzt sind, läßt man überhitzten Wasserdampf von 550° C. einströmen, wodurch sich sofort das Magneteisen bildet. Das glühende Eisen zersetzt nämlich den Wasserdampf in Wasserstoff, welcher frei wird und in Sauerstoff, welcher sich auf dem Eisen niederschlägt und hierdurch die Oberfläche desselben in magnetisches Oxyd verwandelt.

Sind Eisen- oder Stahlgegenstände etwa schon sehr stark angerostet, so müssen dieselben durch Generatorgase vorher desoxydiert werden, auf dieselbe Weise, wie es bei dem ersten Verfahren geschieht. Die Rostschicht wird dadurch auch in Magneteisen verwandelt, welche sich alsdann mit derjenigen, welche durch den erhitzten Wasserdampf gebildet wird, innig vereinigt.

Die Anordnung des Generators, der Schieber des Dampfkessels und die Einrichtung der Oefen selbst, ist der Gegenstand eingehender Studien und Versuche gewesen und darf jetzt als „Fertig" betrachtet werden; näher darauf einzugehen, ist hier nicht der Ort, um so mehr als diese Dinge Gegenstand des Patentes sind.

Die Magneteisenschicht haftet fest und ein Abtrennen ist nur durch fortgesetzte starke Stöße und bedeutende Biegung möglich. Gegenstände, die

als fertig für den Gebrauch inoxydiert werden, haben indessen solche nicht mehr auszuhalten. Die Farbe ist ein angenehmes, mattes Blauschwarz; Email haftet auf dieser Schicht bedeutend fester, als auf dem Eisen, ebenso läßt sich dieselbe direkt nach der Methode des Franzosen Daumesnil mit Farben, Platin, Silber und Gold schön und haltbar dekorieren, ohne ein vorheriges Aetzen oder Verkupfern, was in kunstgewerblicher Hinsicht ein nicht zu unterschätzender Vorteil ist. Die Gesellschaft: Société française d'Inoxydation et de Platinage, Paris, hat das Recht zur Ausübung des Verfahrens von den Herren Bower, Barff und Daumesnil erworben und in allen Ländern die bezüglichen Patente genommen. — Als hauptsächlichste Gegenstände, für welche das Inoxydationsverfahren bis jetzt angewendet wird, sind zu nennen: Dachstühle, Blech, Gitter, Brücken, Bauguß aller Art, als Träger, Säulen, Treppen, Dachfenster, Rauchröhren, Abtrittröhren, Dachplatten, Ofen, Kamine, Balkon- und Treppengeländer, Kandelaber, Dachrinnen, Klosetts- und Pissoirteile, Stallausrüstungen, Beeteinfassungen, Gartenmöbel, Firmenschilder, Heizkörper ꝛc. Ferner alle Sorten Ornamente, Guß, Poteriewaren jeglicher Art, Kleineisenzeug für den Bahnbau und die Telegraphie, Eisenbahnschwellen, Röhren für Wasser-, Gas- und Dampfleitungen, Tröge für Papierfabriken, Absperrschieber, Turbinenteile, Wein- und Obstpressen, Pumpen jeglicher Art, Blitzableiterstangen, Blech- und Kochgeschirre, Grubenleitern, Ventilatoren ꝛc.

Genug, durch das Inoxydationsverfahren ist der Verwendung des Eisens für bisher fremde Zwecke ein ausgedehntes Feld eröffnet worden, das für unsere Kulturzustände unentbehrlichste Material ist durch diesen neuen Prozeß geadelt.

Das Verfahren an sich ist nicht teuer, es wechseln die Kosten natürlich ganz nach den Preisen der Kohlen und nach der Größe des Betriebes, d. h. ob der Ofen nur zeitweise oder ununterbrochen benutzt werden kann; hierzu treten für die Gesamtkosten, die Zinsen und Abschreibung für die Oefen, die Einrichtung, die Räumlichkeiten ꝛc., sowie die an die Erfinder zu entrichtenden Patentgebühren.

Ungeachtet dessen stellt sich dieses neue Schutzmittel doch ganz erheblich billiger, als die bis jetzt für den gleichen Zweck am geeignetsten gehaltene Verzinkung.

IX.

Rückblick auf das Gesamtgebiet der Eisenerzeugung.

Nachdem wir das weite Feld der Eisendarstellung, soweit es der Zweck unseres Schriftchens verlangt, durchwandert haben, dürfte ein kurzer Rückblick auf dasselbe für das bessere Verständnis des Besprochenen gewiß noch förderlich sein. Wir werden dabei nur dasjenige berühren, was bei dem heutigen Stand des Gewerbewesens überhaupt noch in Betracht fallen kann.

Das Eisen findet sich im Innern der Erde, gemischt mit fremden Stoffen, als Erz und es ist die Aufgabe des Bergbaues, letzteres an die Oberfläche der Erde zu schaffen. Hierzu wird es nötig, Wege zu erstellen, um zu dem betreffenden Gestein gelangen zu können, dieses selbst muß gelöst, teilweise gesondert und sodann nach außen oder nach oben geschafft werden. Die Erze werden über Tag von den fremden Stoffen vollständig getrennt, etwa auch noch im weiteren besonders vorbereitet, wenn nötig mit passenden Zuschlägen versehen und sodann im Hochofen ausgeschmolzen.

In dem Hochofen bildet sich aus dem:

1. Eisen mit den } = Eisenerz,
2. Beimischungen, }
3. Zuschlag,
4. Kohle,
5. Sauerstoff der Erze und der Luft.

a) Kohleneisen oder Roheisen aus 1 und 4.
b) Kohlenoxyd und Kohlensäuregas aus 4 und 5.
c) Schlacken, d. h. kieselsaurer Kalk, kieselsaure Thonerde aus 2 und 3.

Das erhaltene Kohleneisen (**Fig. 37, Taf. IV**) heißt Roheisen A, ist nicht schmiedbar aber leicht schmelzbar.

Es scheidet sich nach dem Graphitgehalt in

a) graues Roheisen,
b) weißes Roheisen.

Das graue Roheisen wird zumeist in Kupol- oder in Flammöfen zu Gußeisen a' umgeschmolzen und zur Erstellung von Gußwaren benutzt, ein kleiner Teil wird in dem Puddelofen zur Erzeugung von Draht vorbereitet, während ein anderer für den Bessemerprozeß dient.

Das weiße Roheisen wird durch Entzug eines Teiles seines Kohlenstoffes, durch das Frischen zu schmiedbarem Eisen B umgewandelt. Dieses ist schmiedbar, doch schwer schmelzbar. Durch den Vorgang des Frischens bildet sich aus

1. Eisen mit } = Roheisen,
2. Kohlenstoff, }
3. Sauerstoff der Luft,
4. Sand.

a) Schmiedbares Eisen aus 1.
b) Frischschlacke aus 1, 3 und 4.
c) Kohlenoxydgas aus 2 und 3.

Geht das Frischen des Roheisens in flüssigem Zustand vor sich, so erhält man das Flußeisen C, geschieht dies bei einem mehr teigartigen Zustande desselben, so bildet sich das Schweißeisen D. Erstere Umbildung erfolgt durch das Bessemer- und Siemens-Martinverfahren, die letztere auf dem Frischherde, in dem Puddelofen oder auch durch eine Schweißung von vorhandenen schmiedbaren Eisenstücken.

Durch eine geringere oder stärkere Entkohlung wird das schmiedbare Eisen zu Stahl oder zu Schmiedeeisen (im engeren Sinne des Wortes) umgewandelt.

Schmiedeeisen im engeren Sinne, ist nicht härtbar und schwer schmelzbar, während der Stahl härtbar und verhältnismäßig leicht schmelzbar ist.

Es entsteht aus Flußeisen:

Flußstahl c' und
Flußschmiedeeisen oder auch kurz Flußeisen c''.

Aus Schweißeisen:

Schweißstahl d' und
Schweißschmiedeeisen d''.

Ein im Tiegel umgeschmolzener Rohstahl heißt im besonderen:

Gußstahl e.

Bei dem Herdfrischeisen kann sowohl auf Schmiedeeisen wie auf Stahl gearbeitet werden. Bei dem heutigen Stande der Eisenindustrie und bei der durch den vielseitigen und großen Verbrauch bedingten Massendarstellung der verschiedenen Eisensorten, hat es sich, Ausnahmen für besondere Fälle vorbehalten, als das Zweckentsprechendste und Vorteilhafteste bewährt, das Schmiede- oder Stabeisen zu erzeugen:

Aus Puddeleisen oder aus Flußeisen
und den Stahl einzig aus Flußeisen.

Zur Darstellung des Stabeisens aus Puddeleisen werden die aus dem Ofen gebrachten Luppen unter den Dampfhammer genommen und in dem Walzwerke weiter bearbeitet; die von dem Martin- und Bessemerofen stammenden Gußblöcke vorher in dem Schweißofen in Weißglut gesetzt und ebenso behandelt.

Stahl gewinnt man durch das Bessemerverfahren, indem durch Lufteinblasen der Kohlenstoff des glühenden Eisens verbrannt wird, oder durch das Siemens-Martinverfahren, d. h. durch das Einschmelzen verschiedener, bereits fertiger und passender Eisensorten.

Der gewonnene Stahl heißt Rohstahl, er wird verwendet:

1. Unmittelbar im flüssigen Zustande zur Fertigstellung von größeren Gußstücken.

2. Umgeschmolzen in Tiegeln, als Gußstahl (im engeren Sinne des Wortes genommen) auch zu Gießzwecken, namentlich für feinere Gegenstände und für solche Stücke, bei welchen es auf eine besondere Güte ankommt.

3. Zur Darstellung aller Arten von Gebrauchssachen durch Hämmern, Walzen und Schmieden der erwärmten Rohstahlblöcke, beziehungsweise der daraus gefertigten Rohstahlstücke.

Die Einführung des Bessemer- und des Siemens-Martinverfahrens in den Großbetrieb brachte eine vollständige Umwälzung der bisherigen Verhältnisse der Eisenindustrie mit sich. — Es machte sich das Bedürfnis geltend, eine Bezeichnung der Eisensorten aufzufinden, welche die Art der Darstellung und damit auch zugleich die Beschaffenheit derselben auf genaue Weise kennzeichnete.

Gelegentlich der Weltausstellung in Philadelphia trat daher ein Ausschuß zusammen, bestehend aus je einem Vertreter von Amerika, England, Frankreich, Schweden, Oesterreich und Deutschland, welcher die gewünschten Namen ermittelte und feststellte. Diese Bezeichnungen haben sich rasch eingebürgert, sie wurden von den meisten Eisen erzeugenden und Eisen verbrauchenden Ländern, sowie von den betreffenden Regierungen für Statistik, Zoll- und Patent-Sachen angenommen und haben sich auch im täglichen Leben eingeführt.

Der neuen Benennungsweise (Nomenklatur) sind auch wir in der vorliegenden Abhandlung gefolgt und sie findet sich auf **Taf. IV** bei der bildlich dargestellten Entstehungsweise der unterschiedlichen Eisensorten, in den verschiedenen Sprachen angegeben. — Mit der Möglichkeit, flüssiges Eisen zu erzeugen, war eine Entdeckung gemacht, wie sie folgereicher in dem Leben der Völker wohl noch nicht vorgekommen ist. Sie bezeichnet einen Abschnitt in der Weltgeschichte und ist eine der Ursachen, welche stets zu jenen großen Umwälzungen den Anlaß geben, durch welche es der Menschheit glückt, sich auf eine höhere Entwickelungsstufe emporzuschwingen.

Das in dem Hochofen erzielte Roheisen, ward der Ausgangspunkt für die Darstellung derjenigen Eisensorte, welche sich durch Hämmern in warmen und kaltem Zustande, ohne Schmelzung, in eine gewünschte Form bringen läßt, für das schmiedbare Eisen. Neue Verwendungsarten für dieses Metall zeigten sich jetzt und mit der Erfindung des Puddelns war der

erste Schritt zu der großartigen Entwickelung der heutigen Eisenerzeugung geschehen. — War diese bisher ein Gegenstand des Kleingewerbes, so wurde sie jetzt Sache des Großbetriebes.

Durch das Puddelverfahren war es möglich geworden, in derselben Zeit und mit gleichen Kosten das Siebenfache derjenigen Eisenmenge darzustellen, als dies durch das Frischverfahren geschehen konnte.

Die Massendarstellung ermöglichte jetzt den Massenverbrauch und der Kampf des Eisens gegen andere Baustoffe, wie Stein und Holz, wurde eingeleitet. Aus Eisen entstanden Verbindungswege zwischen den entferntesten Ländern und durch die aus Eisen erbaute Dampfmaschine ward auch ein rascher Verkehr vermittelt.

Eisen trägt den Gedanken des Menschen mit Blitzesschnelle in entfernte Weltteile. — 700,000 km Telegraphenleitungen ermöglichen es jetzt, in 38,000 Stationen durchschnittlich je auf einen Tag über 300,000 Depeschen zu befördern. — Mit Schluß des Jahres 1883 waren auf der Erde 442,200 km Schienenwege vorhanden, mehr als das Elffache des Erdumfanges. Ueber 100,000 Maschinen mit 25 Millionen Pferdekräften förderten in mehr als anderthalb Millionen Wagen, jährlich 1½ Milliarden Tonnen Güter, damit sich Mangel und Ueberfluß ausgleichen konnten. — Alles dies ist nur mit Hilfe des Eisens möglich geworden und bezeichnet doch nur einen Teil der Verwendung desselben. Wenige Jahrzehnte sind seit Erfindung des Puddelns verflossen und vor unseren Augen vollzieht sich wieder eine jener Umwälzungen, welche für die Geschicke der Völker bestimmend sind. Durch die Erfindung Bessemers, den Stahl auf eine billige Weise und in Masse darstellen zu können, wird es möglich, diesen in all den Fällen anzuwenden, in welchen Guß und Schmiedeeisen noch als mangelhaft erschienen, oder teilweise durch wertvolle, teure Stoffe, wie Bronze, ersetzt werden mußten.

Der Stahl kämpft daher wiederum mit dem Eisen um die Oberherrschaft und das Ringen wird erfolgreich sein, denn seine Erzeugung geschieht jetzt in der hundertfach kürzeren Zeit, als dies bei dem Puddelverfahren möglich war.

Der Stahl hat vor dem Eisen den Vorzug einer größeren Festigkeit und dadurch bedingt, einer geringeren Abnutzung. Durch die Möglichkeit, ihn rasch und in Menge darzustellen, entspricht er den Bedingungen, welche das heutige Gewerbewesen an den Rohstoff stellt. Wohl auch nur deswegen hat kein anderer Zweig desselben in der gleichen Zeit einen solch riesigen Aufschwung genommen, wie eben die Stahldarstellung.

Welche Dienste uns überhaupt das Eisen leistet und welche Bedeutung es für die Menschheit erlangt hat, ersehen wir am besten, wenn wir unsern Blick rückwärts werfen. Vor Tausenden von Jahren war das Werkzeug aus Feuerstein, Holz, Knochen oder Fischgräten gebildet; welche Summe von Zeit und Kraft mußte der Mensch einsetzen, um seinen geringen Bedürfnissen hiermit zu genügen!

Welch ein Fortschritt von den genannten Stoffen bis zu den Geräten aus Bronze und doch wie unendlich reicher und fruchtbringender konnte sich die geistige Kraft des Menschen entwickeln, nachdem ihm das Eisen gegeben war; Kohle und Eisen wurden die Hebel, welche das Weltall in Bewegung setzen. Jetzt aber stehen wir in dem Zeitalter des Stahles und haben mit eigenen Augen bedeutsame Wandlungen sich vollziehen sehen. Ein Rückgang

oder auch nur ein Stillstand in dem geistigen Leben des Menschen ist unmöglich. Die Zukunft erscheint bedeutungsvoll und unwillkürlich drängt sich daher die Frage auf: Was wird eine kommende Zeit uns noch bieten, welche Fortschritte in der Kultur werden wir zu verzeichnen haben?

Hiermit schließen wir unsere kleine Abhandlung über das Vorkommen und die Gewinnung des Eisens.

Es soll uns eine Genugthuung sein, wenn wir den in der Vorrede angedeuteten Zweck derselben, auch wirklich erreicht haben.

Druck von B. F. Voigt in Weimar.

Fig. 1.

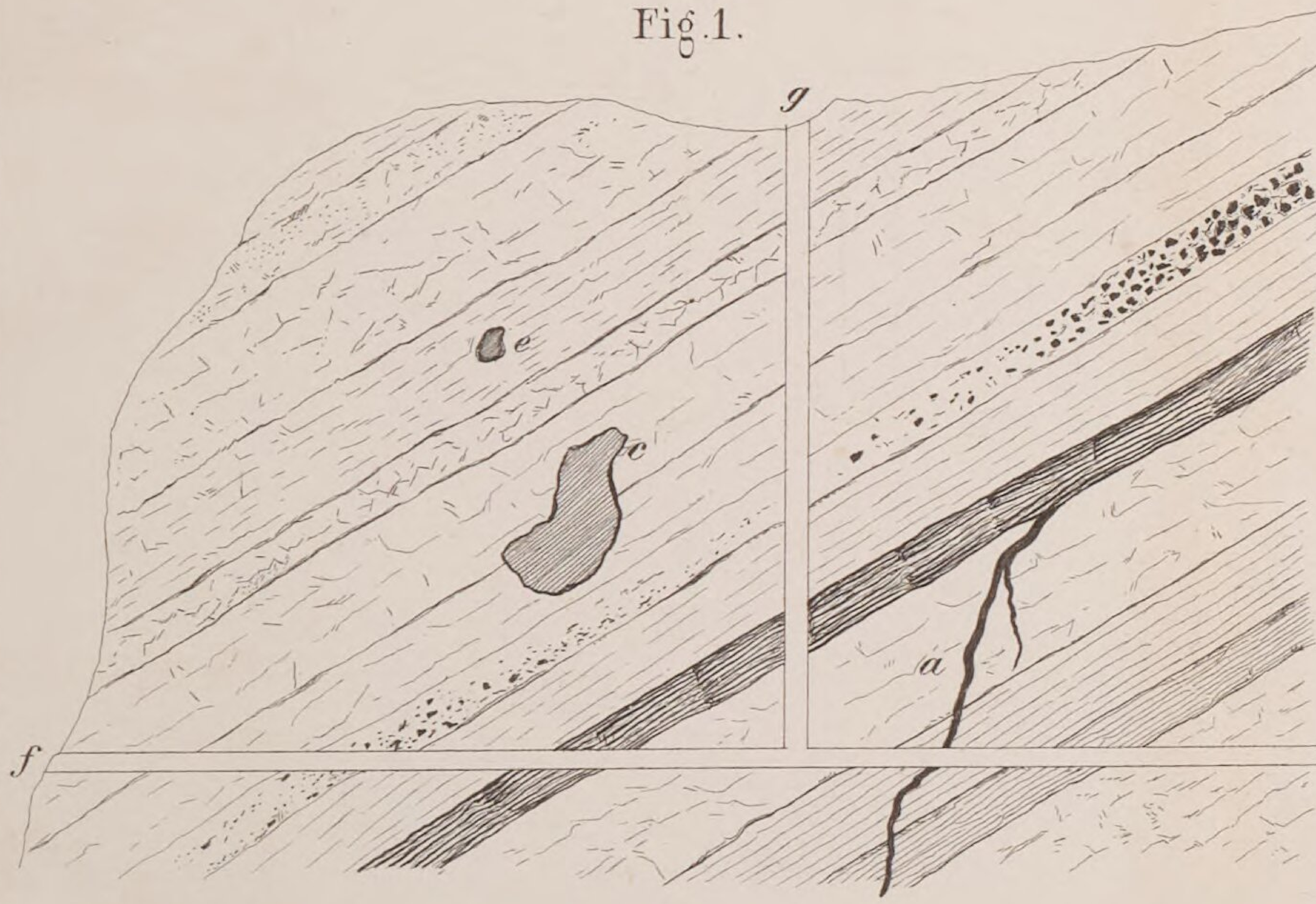


Fig. 6.

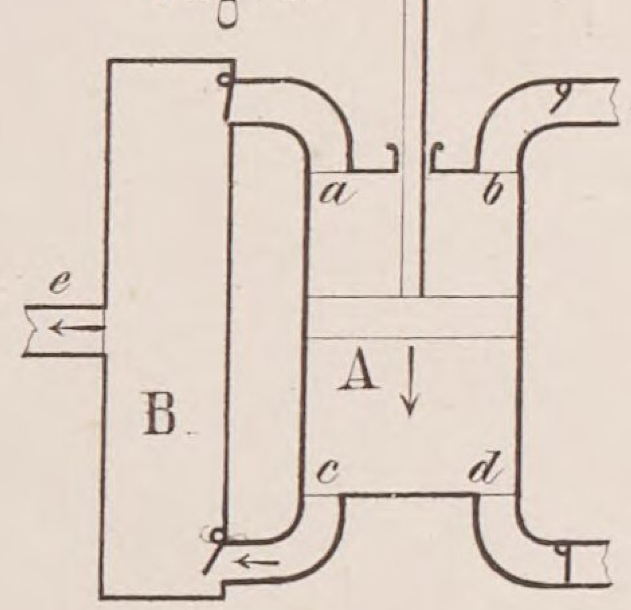


Fig. 7b.

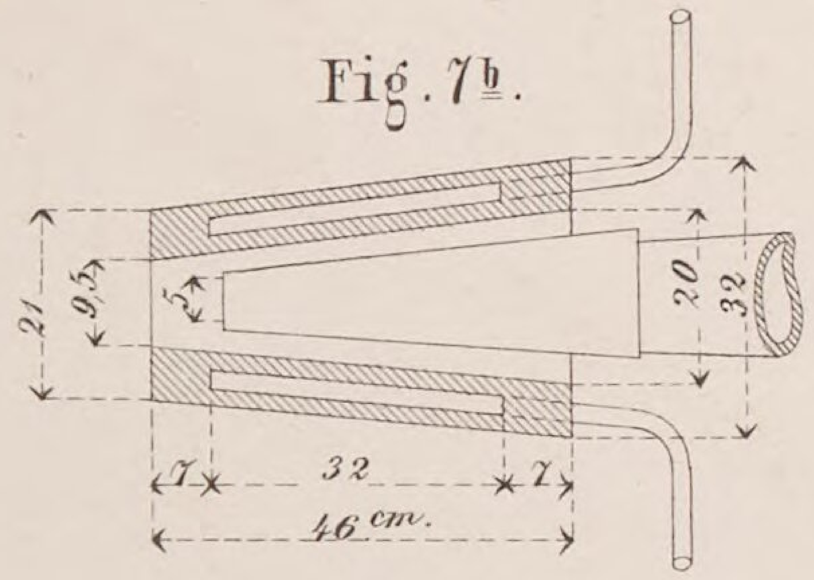


Fig. 7a.

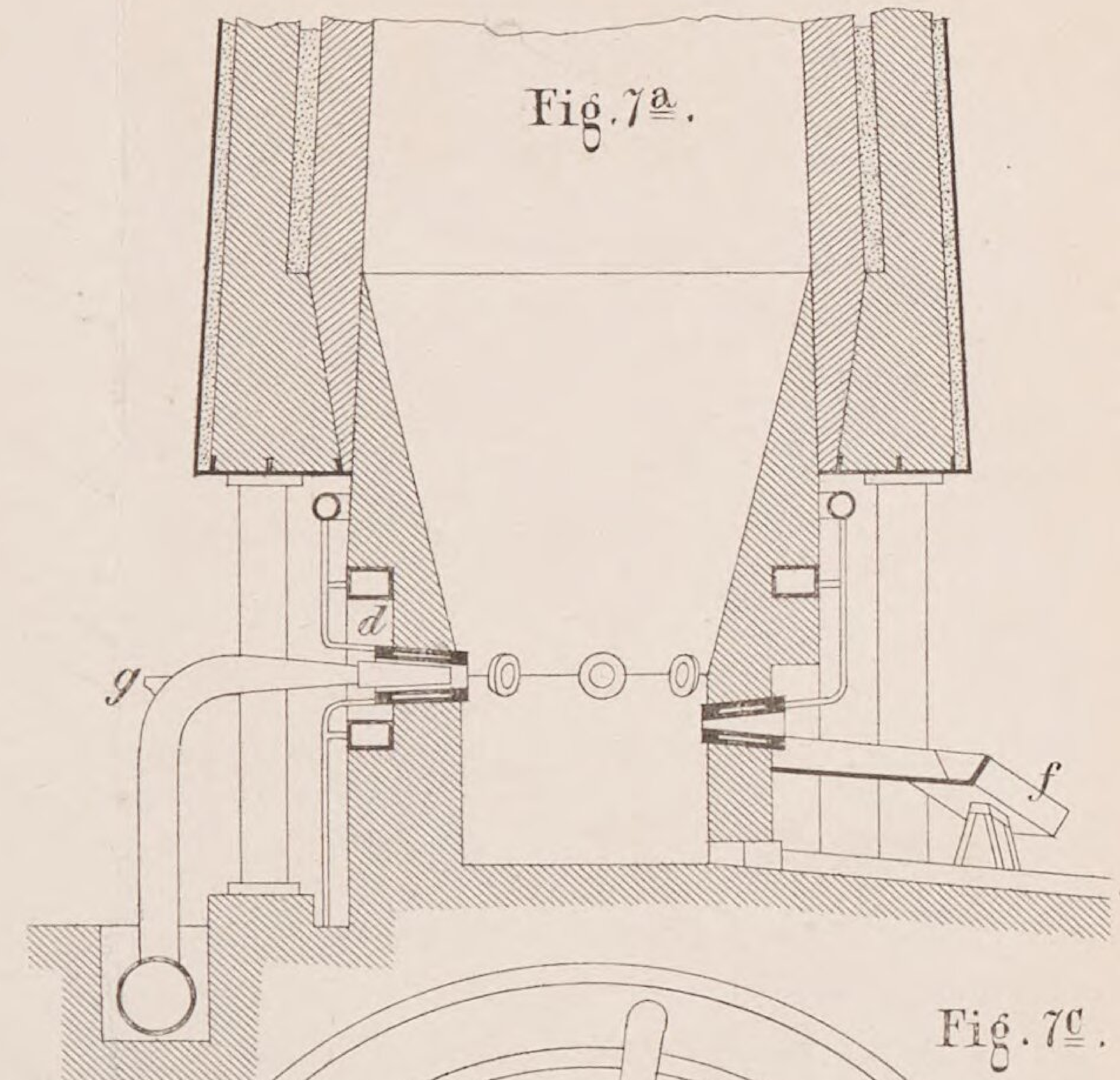


Fig. 7c.

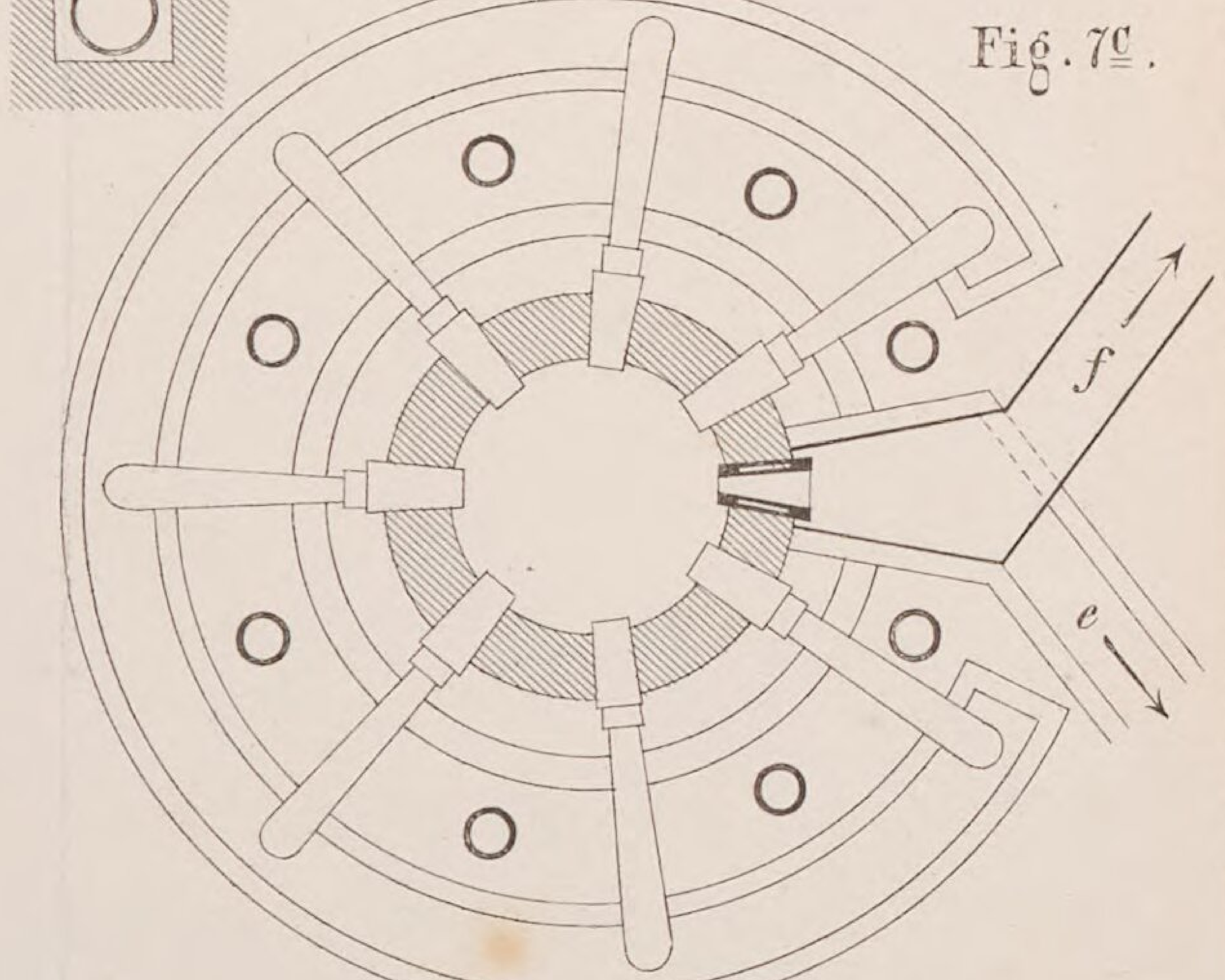


Fig. 2.

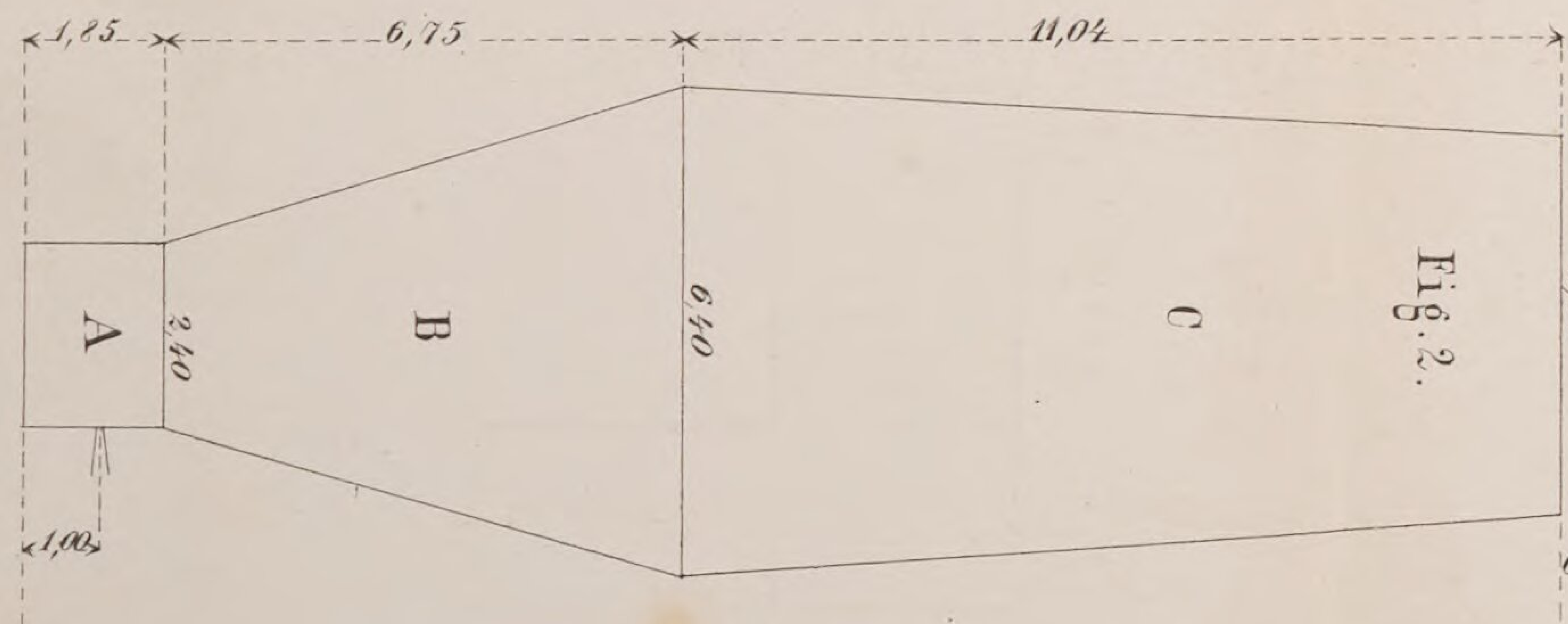


Fig. 3.

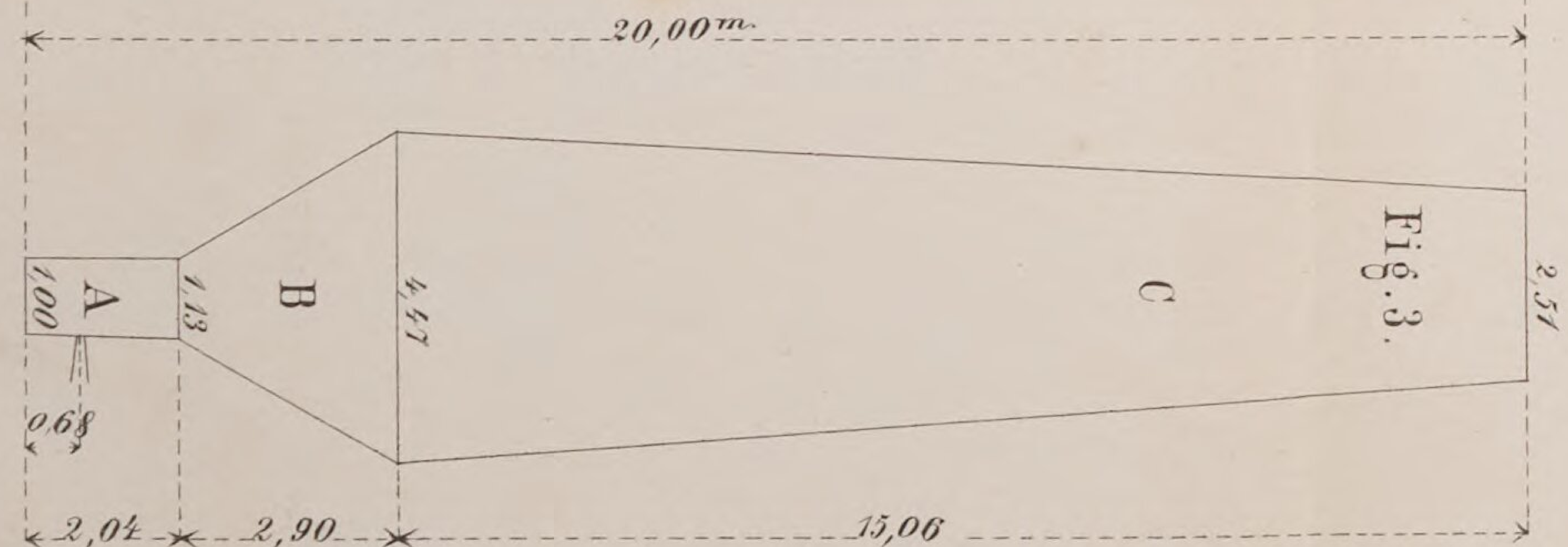


Fig. 8.

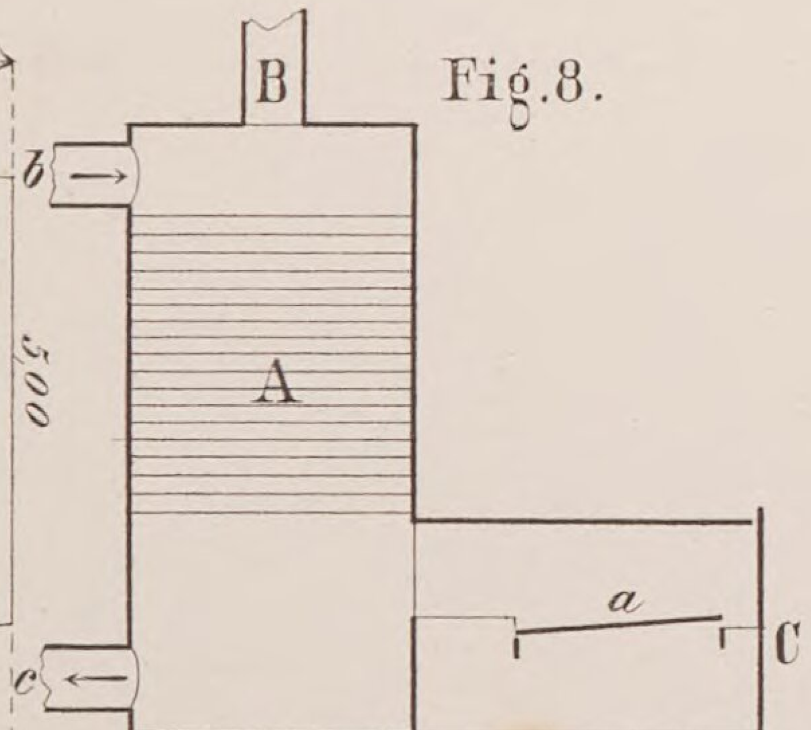


Fig. 4.

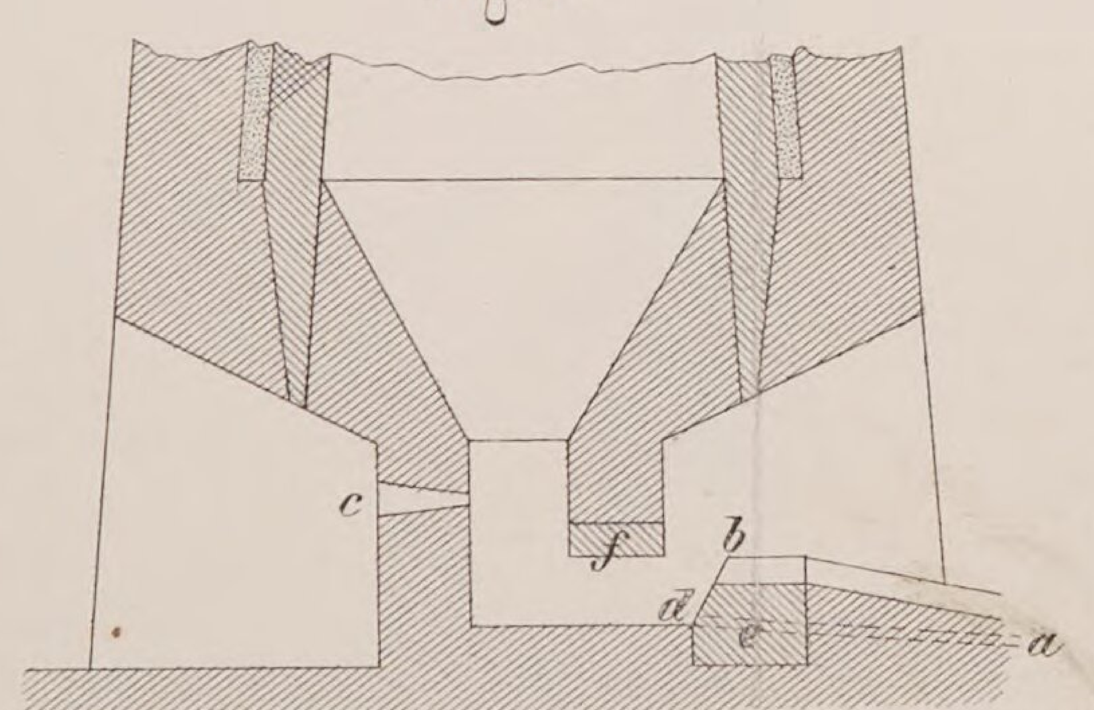
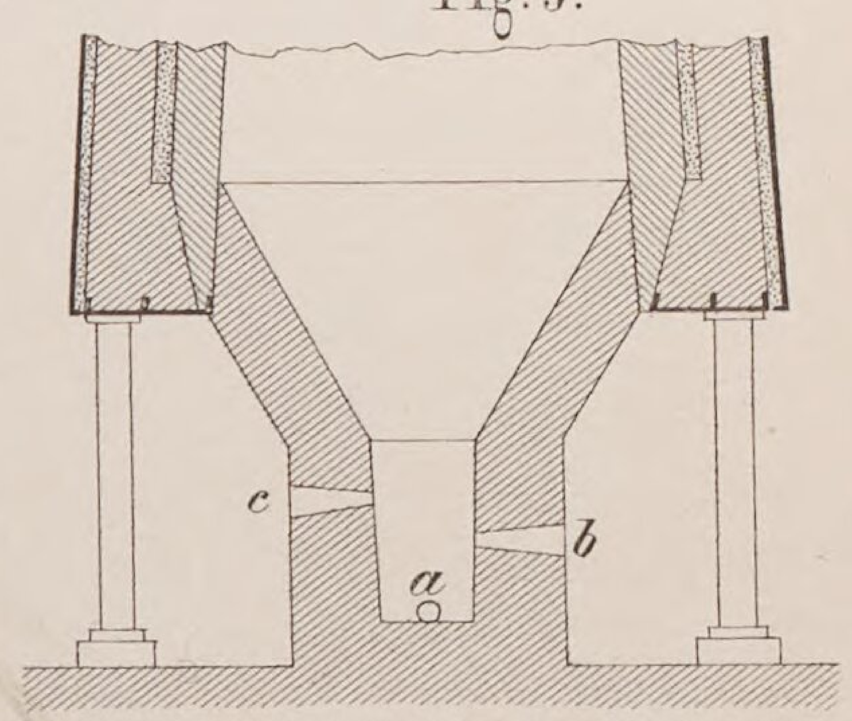


Fig. 5.



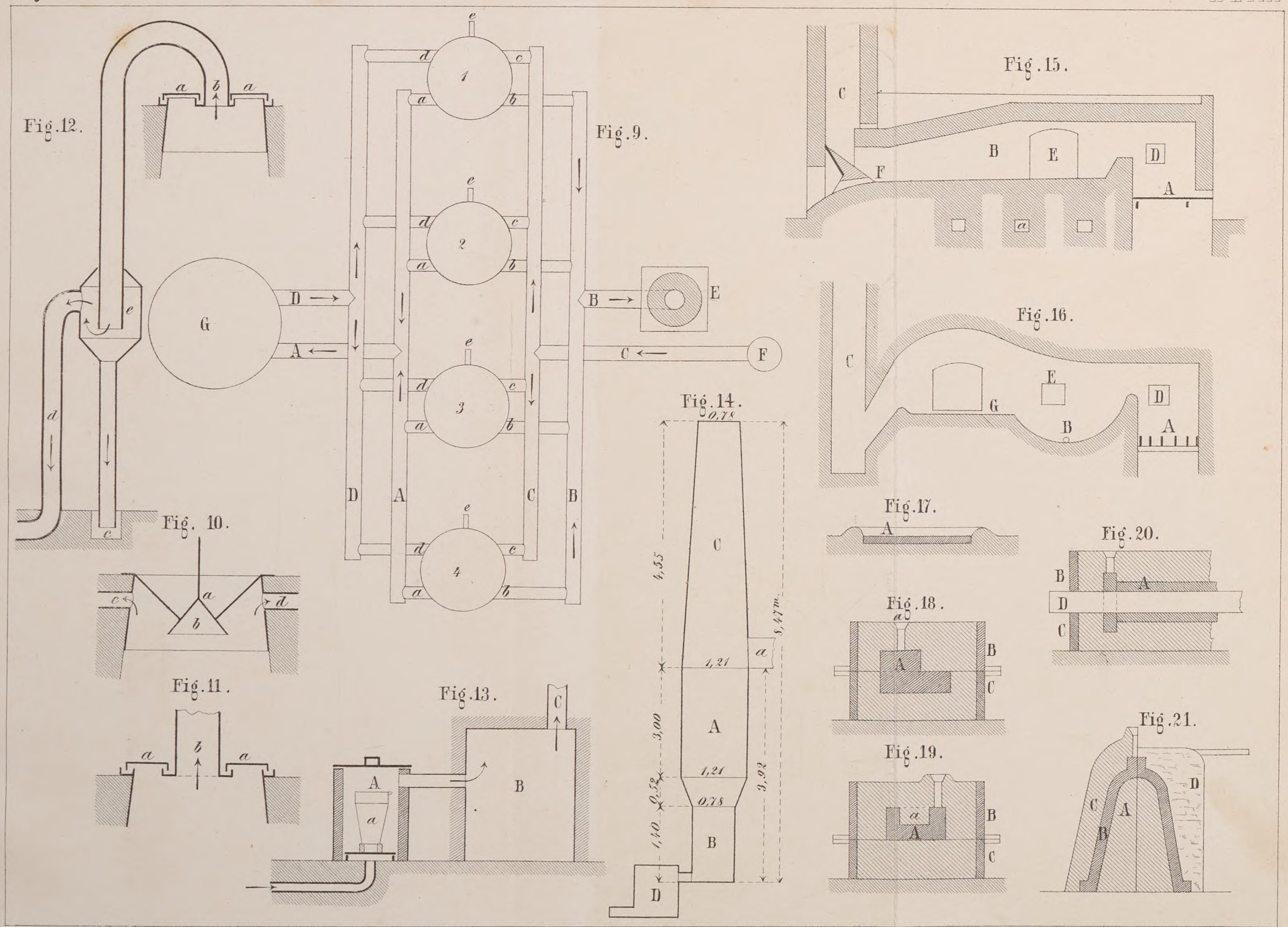

Fig. 12.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 13.
Fig. 14.
0,78
4,55
1,21
3,00
0,52
1,40
9,47m
3,92
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 18.
Fig. 19.
Fig. 20.
Fig. 21.

Fig. 22.

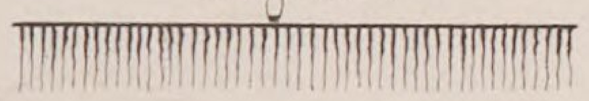


Fig. 23.

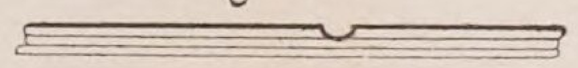


Fig. 26b. Fig. 26a.

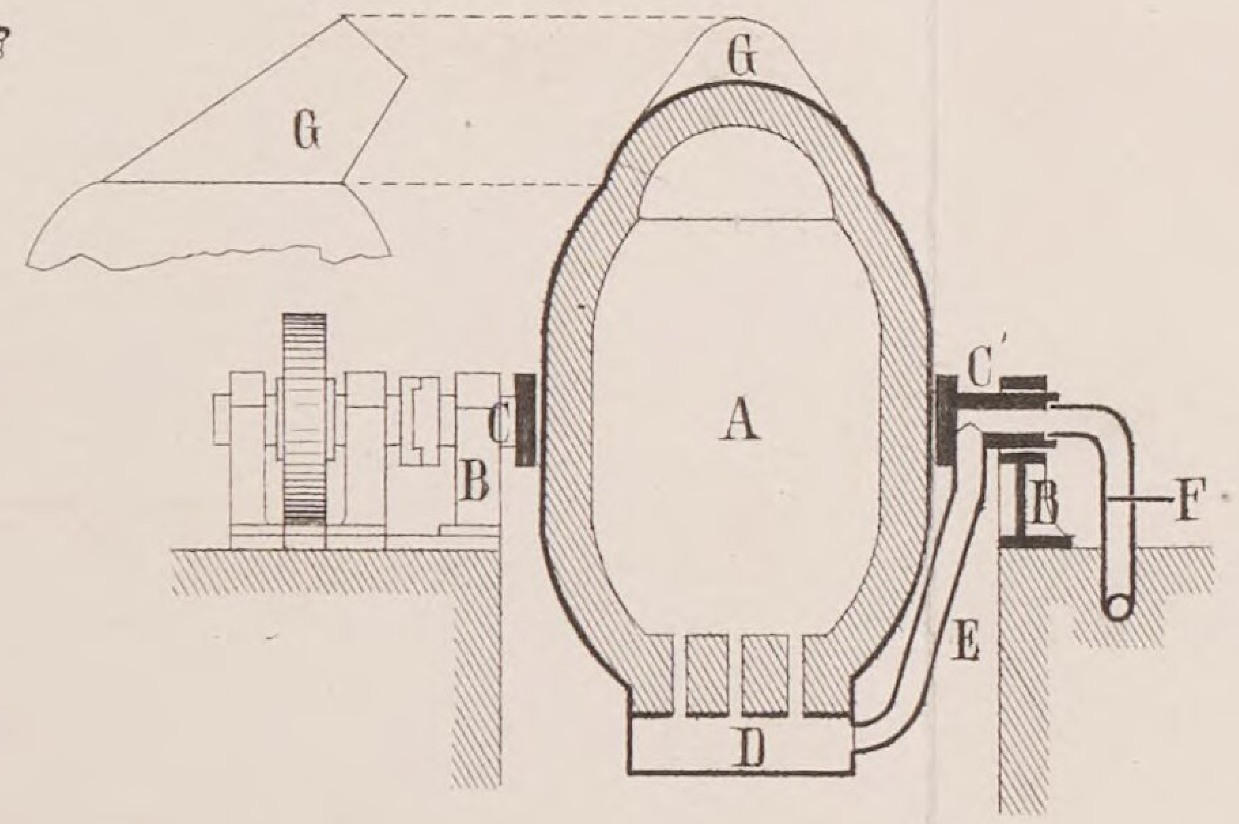


Fig. 27.

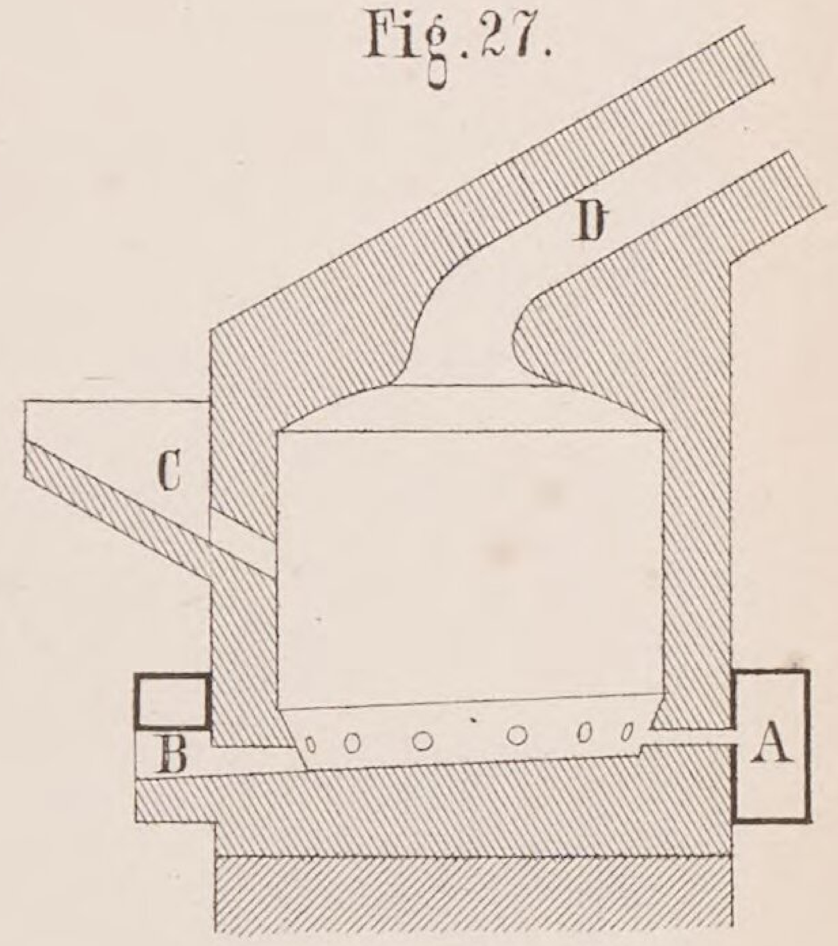


Fig. 25.

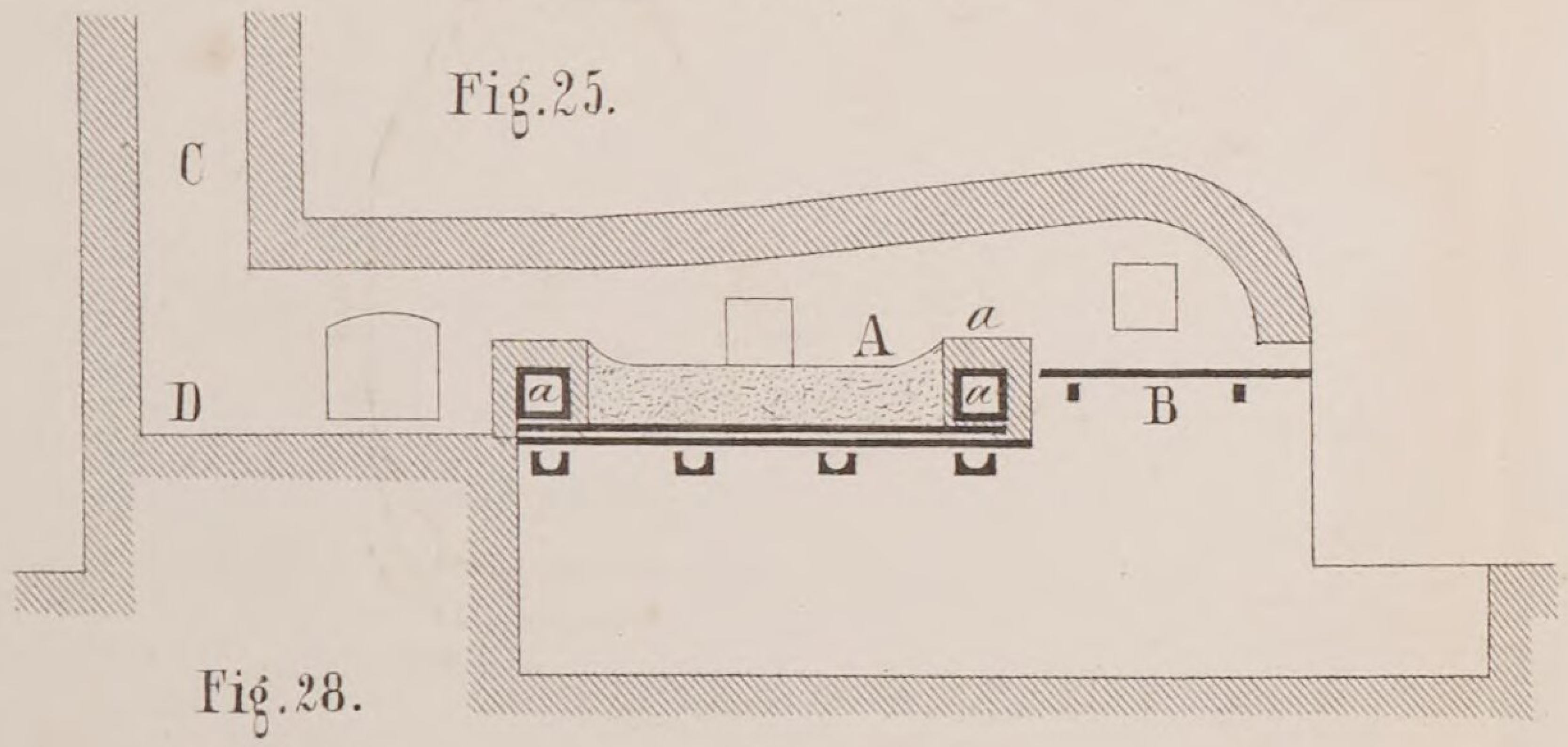


Fig. 28.

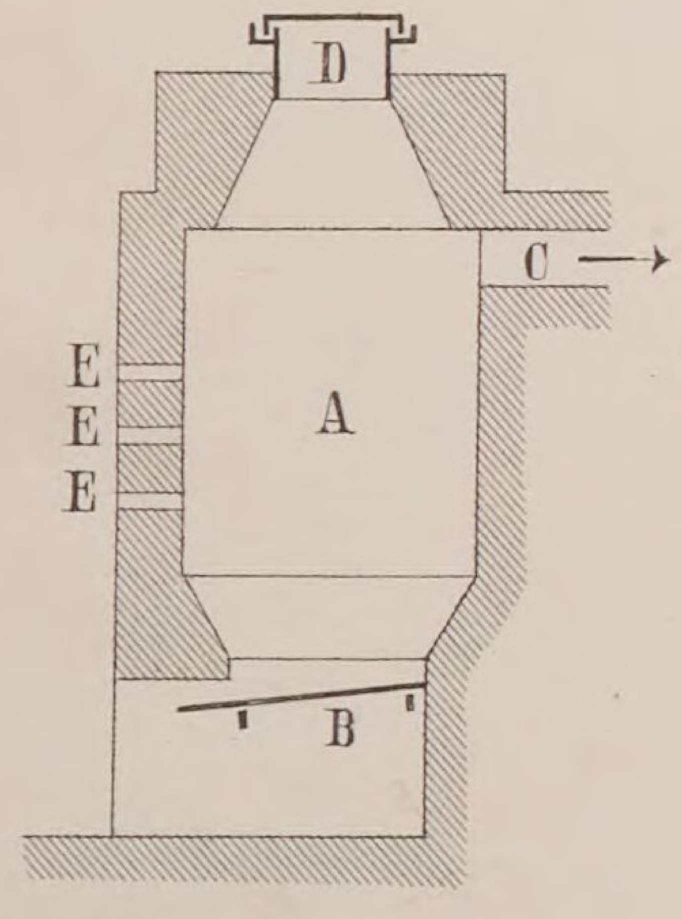


Fig. 29.

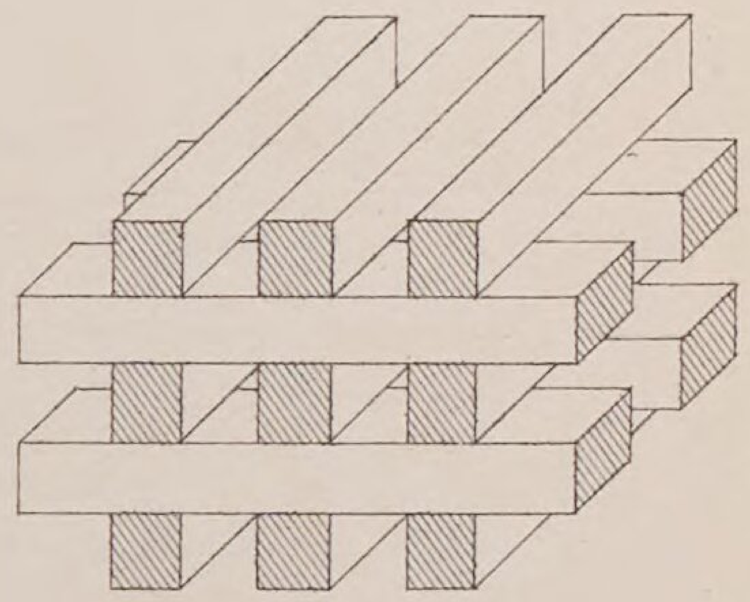


Fig. 30.

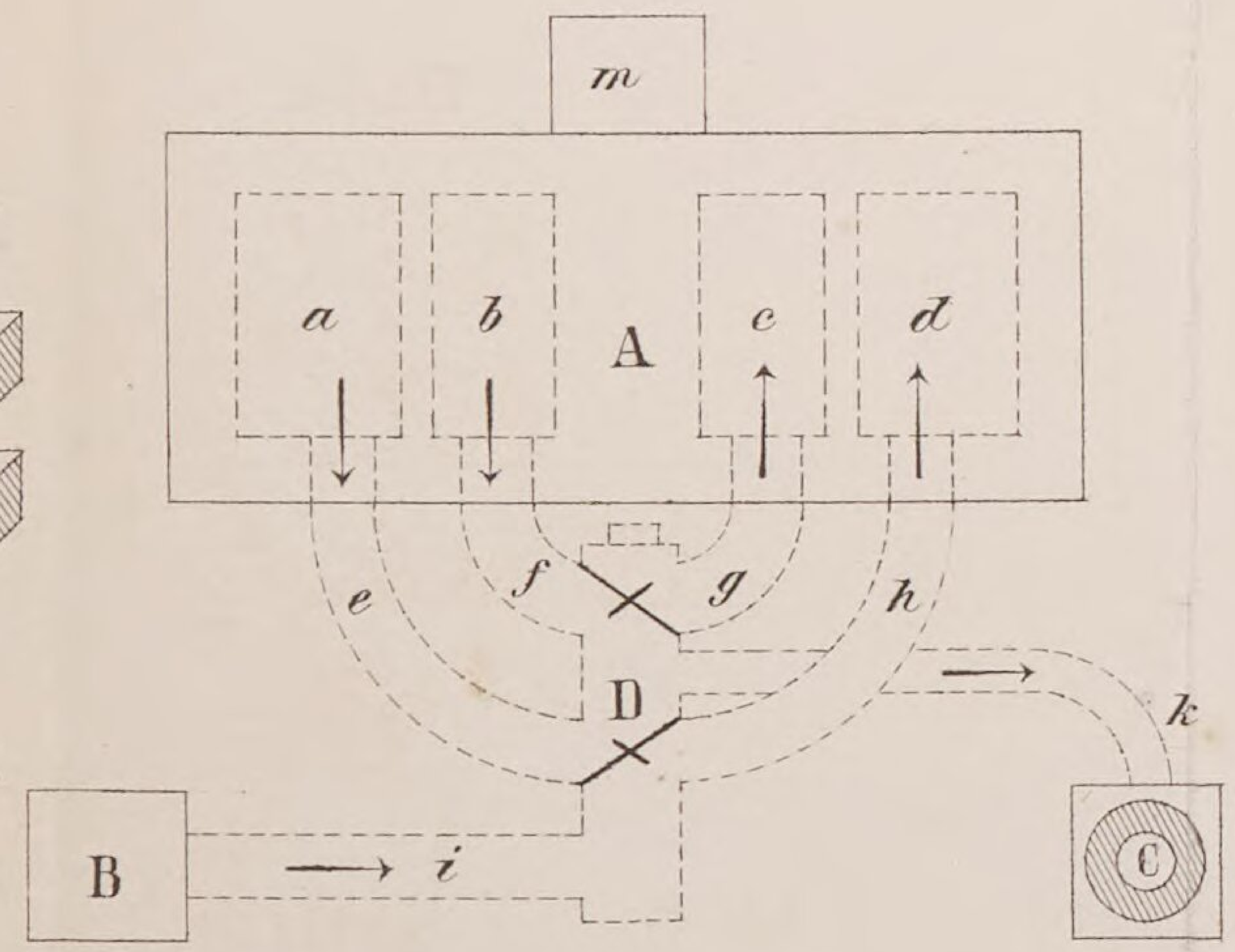


Fig. 31.

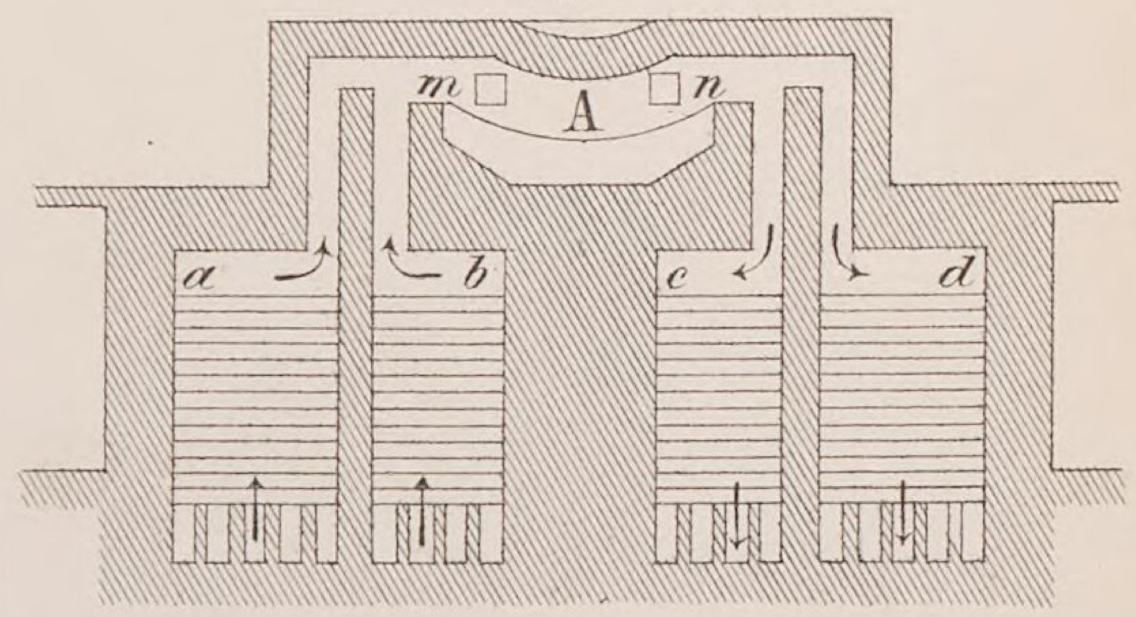


Fig. 24.

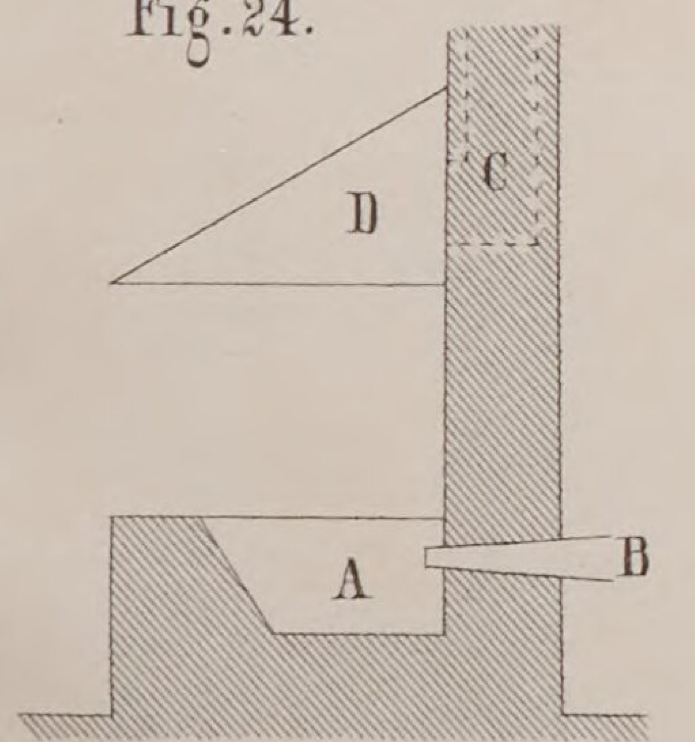


Fig. 35.

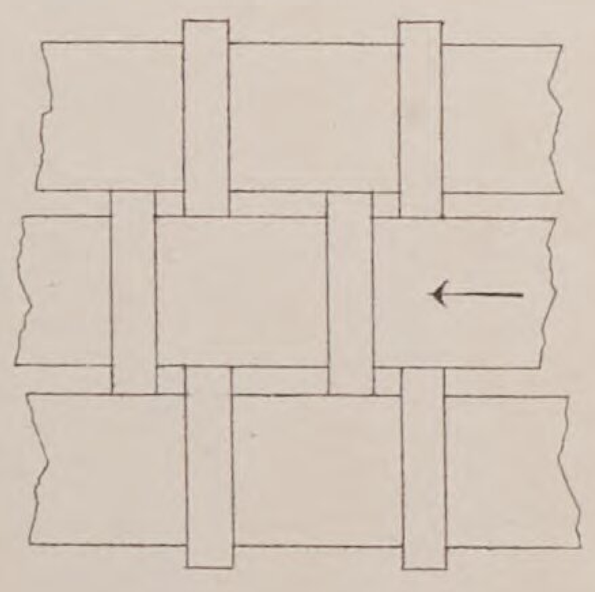


Fig. 34.

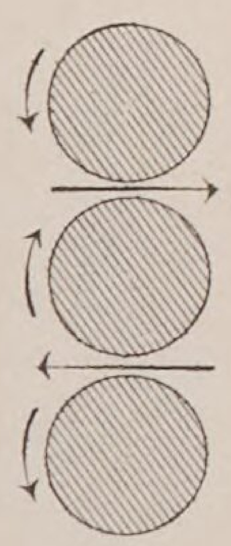


Fig. 33.

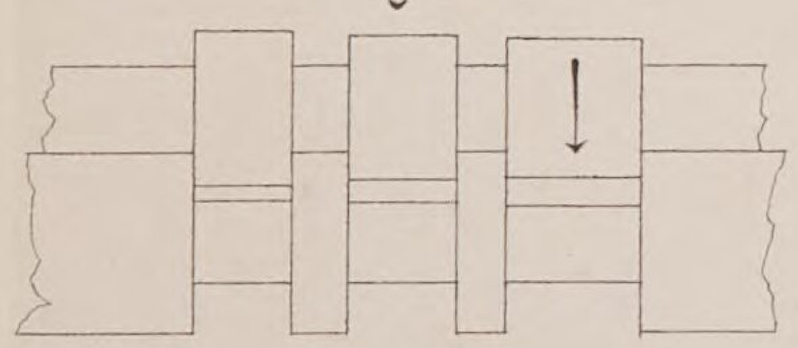


Fig. 32.

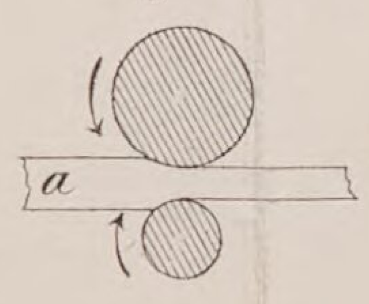
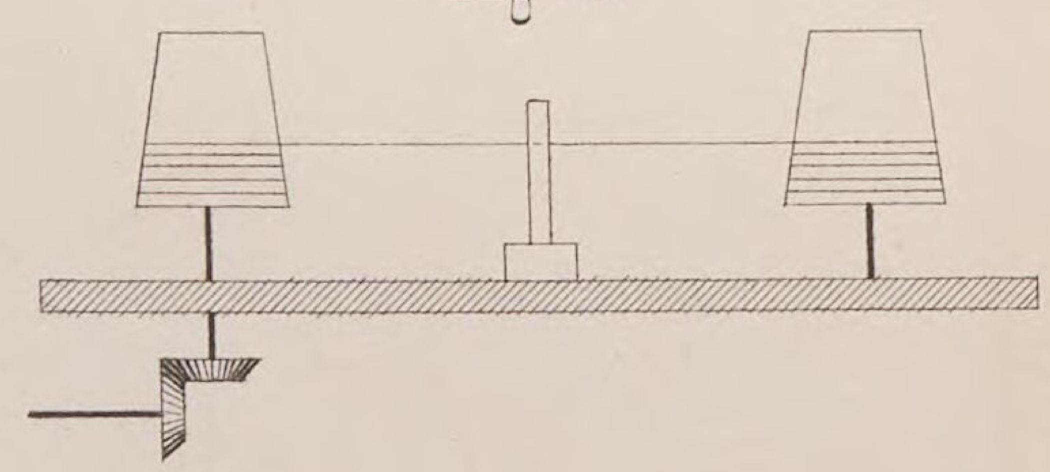
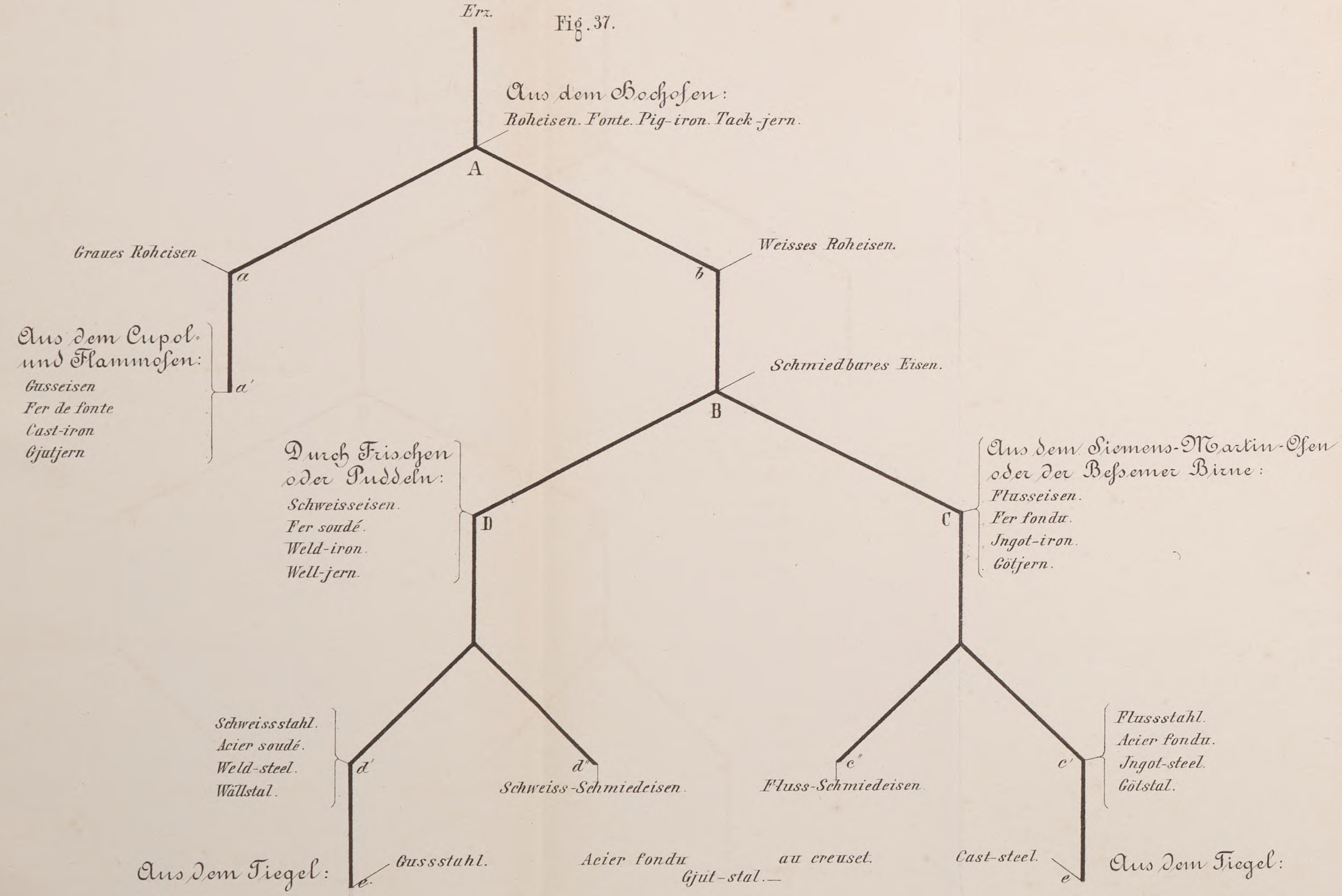


Fig. 36.



Bezeichnung der Eisenarten.



[illegible]